



# Спортивная Медицина:

наука и практика



T. 12 №3

2022

*Sports  
Medicine:*

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.csmed.ru](http://www.csmed.ru)**



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
спортивная медицина

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

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

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

**Ачкасов 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  
Luzhniki Sports Medicine Clinic  
24, Luzhniki str., Moscow, 119048, Russia  
Evgeny E. Achkasov  
15/16, pr-d 1-j Volokolamskij,  
Moscow, 121309, Russia

# Sports Medicine: Research and Practice

## research and practical journal

### FOCUS AND SCOPE

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

### EDITOR-IN-CHIEF:

**Evgeny Achkasov** — M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Director of the Clinic of Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 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 Ersparmer» 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
- Систематический обзор

## 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 30.12.2022

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

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

Журнал издается с 2011 года

Периодичность — 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 90998

© Спортивная медицина: наука и практика, оформление, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### Спортивная травматология

*М.В. Иванов, А.С. Самойлов, Н.Р. Жестянкин*

Оценка применения ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом . . . . . 5

### Врачебный контроль

*К.В. Выборная*

Соматотипологические характеристики спортсменов различных видов спорта . . . . . 14

### Реабилитация

*В.Н. Николенко, М.В. Санькова, М.В. Цоллер, М.В. Оганесян, В.Г. Зилов, Д.А. Гаркави, А.Е. Стрижков*

Значимость дыхательных упражнений в восстановлении обоняния в постковидный период . . . . . 30

### Физиология и биохимия спорта

*А.С. Крючков, А.М. Федосеев, С.С. Мисина, Г.А. Дудко, Е.Б. Мякинченко*

Особенности взаимосвязи реакции на движущийся объект с концентрациями биогенных аминов и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников высокого класса . . . . . 37

*А.В. Козлов, А.Н. Блеер, С.П. Левушкин, В.Д. Сонькин*

Взаимосвязь интенсивности накопления пульсового долга со скоростью образования кислородного запаса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности . . . . . 43

*В.И. Пустовойт, Е.И. Балакин, А.В. Хан, А.А. Муртазин, Н.Ф. Максютков, П.С. Меркулова, К.А. Кубышев* Сравнение кардиореспираторных показателей при тредмил-тестировании «до отказа» у спортсменов в зависимости от профессиональной деятельности . . . . . 51

### Функциональная диагностика

*Л.А. Коновалова, Р. Васильев, Л.Г. Лысенко*

Стратегии постурального баланса у опытных ритмических гимнасток в стойках на двух ногах . . . . . 60

*А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, Ю.М. Иванова, Д.М. Усманов*

Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов. Часть 1. Нормативные показатели. . . . . 72

### Спортивная психология

*А.Н. Берестяная, С.Н. Филиппова, А.Н. Корнилов, А.П. Орешков, В.В. Горелик*

Психологическое сопровождение молодых спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике . . . . . 84

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
**eLIBRARY.RU**

**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

**РУКОНТ**  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

**INFOBASE INDEX**

**Crossref**

**Scientific Indexing Services**

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL

**FEATURED TOPICS:**

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

**TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:**

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

**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 December 2022  
60x90/8 Format  
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

Published since 2011  
4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, layout, 2022

## CONTENTS

### Sports traumatology

- Mark V. Ivanov, Alexander S. Samoylov, Nikita R. Zhestyankin*  
Shock wave therapy evaluation in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis ..... 5

### Medical control

- Ksenia V. Vybornaya*  
Somatotypological characteristics of athletes of various sports. .... 14

### Rehabilitation

- Vladimir N. Nikolenko, Maria V. Sankova, Marina V. Zoller, Marine V. Oganessian, Vadim G. Zilov, Dmitry A. Garkavy, Alexey E. Strizhkov*  
The respiratory exercise significance in the olfaction restoration in the postcovid period . . . . 30

### Sports physiology and biochemistry

- Andrei S. Kryuchkov, Aleksandr M. Fedoseev, Svetlana S. Missina, Grigorii A. Dudko, Evgenii B. Myakinchenko*  
The relationship between reaction to a moving object with concentrations of biogenic amines and kynematic-dynamic parameters of complex coordination movement in elite alpine skiers ..... 37

- Andrey V. Kozlov, Alexander N. Bleer, Sergey P. Levushkin, Valentin D. Sonkin*  
Correlation between the intensity of pulse longevity accumulation and the rate of oxygen demand formation and blood lactate accumulation in performing limiting cyclic exercises of different duration. .... 43

- Vasylyi I. Pustovoyt, Evgenii I. Balakin, Aleksei V. Khan, Arthur A. Murtazin, Neil F. Maksjuto, Polina S. Merkulova, Konstantin A. Kubyshev*  
The combination of traditional cardiorespiratory markers during treadmill testing "to failure" in athletes, depending on professional activity ..... 51

### Functional testing

- Liliya A. Konovalova, Radivoj Vasiljev, Liliya G. Lysenko*  
Postural balance strategies for experienced rhythmic gymnasts in two-legged stands ..... 60

- Alexander S. Sharykin, Viktoriya A. Badtieva, Iuliia M. Ivanova, Dmitriy M. Usmanov*  
Possibilities of echocardiographic screening in athletes. Part 1. Normal values ..... 72

### Sports psychology

- Anastasiya N. Berestyanyaya, Svetlana N. Filippova, Alexey N. Kornilov, Anatolij P. Oreshkov, Viktor V. Gorelik*  
Psychological support of young sportsmen in powerlifting and weightlifting ..... 84

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
**eLIBRARY.RU**

**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

**РУКОИТ**  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

**INFOBASE INDEX**

**Crossref**

**Scientific Indexing Services**

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL



## Оценка применения ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом

М.В. Иванов<sup>1,\*</sup>, А.С. Самойлов<sup>1</sup>, Н.Р. Жестянкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Государственный научный центр РФ – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

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

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** в сравнительном аспекте оценить эффективность ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом по сравнению со стандартными методами лечения.

**Материалы и методы:** на амбулаторном лечении в период с 2019 по 2022 г. находились 168 спортсменов с диагнозом «М77. 1 Латеральный эпикондилит», из них 78 женщин (46,4 %) и 90 мужчин (53,6 %) в возрасте от 20 до 45 лет. Средний возраст пациентов составил  $31,48 \pm 6,72$  года. Средняя длительность заболевания составила  $33,68 \pm 28,17$  дня. Для решения поставленных цели и задач было проведено проспективное рандомизированное контролируемое клиническое исследование. В работе использовали клиническое обследование пациентов, исследование кистевой динамометрии пораженной руки, оценку уровня боли и качества жизни по шкалам QuickDash и Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE), статистические методы исследования, а также применение стандартного лечения латерального эпикондилита и радиальной ударно-волновой терапии с оценкой эффективности через месяц после лечения.

**Результаты:** ударно-волновая терапия в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом по сравнению со стандартными методами лечения позволяет повысить качество жизни и уменьшить боль через три недели от начала лечения и имеет более выраженный эффект в отсроченной перспективе ( $p < 0,05$ ); позволяет снизить интенсивность сигнала от костной ткани (трабекулярный отек) по результатам магнитно-резонансной томографии.

**Заключение:** обоснована целесообразность применения ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом, что дает возможность рекомендовать его использование в практическом здравоохранении.

**Ключевые слова:** латеральный эпикондилит, тендинит, травма сухожилия

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

**Для цитирования:** Иванов М.В., Самойлов А.С., Жестянкин Н.Р. Оценка применения ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):5–13. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.6>

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята к публикации: 04.11.2022

Online first: 30.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\*Автор, ответственный за переписку



# Shock wave therapy evaluation in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis

Mark V. Ivanov<sup>1,\*</sup>, Alexander S. Samoylov<sup>1</sup>, Nikita R. Zhestyankin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

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

## ABSTRACT

**Objective:** to evaluate the effectiveness of shock wave therapy in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis in comparison with standard methods of treatment.

**Materials and methods:** On outpatient treatment in the period from 2019 to 2022. There were 168 athletes diagnosed with Lateral epicondylitis, including 78 women (46.4 %) and 90 men (53.6 %) aged 20 to 45 years. The mean age of the patients was  $31.48 \pm 6.72$  years. The average duration of the disease was  $33.68 \pm 28.17$  days. To achieve the set goals and objectives, a prospective randomized controlled clinical trial was conducted. We used a clinical examination of patients, a study of carpal dynamometry of the affected arm, an assessment of the level of pain and quality of life using the QuickDash and Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation (PRTEE) scales, statistical research methods, as well as the use of standard treatment for lateral epicondylitis and radial shock wave therapy. with an assessment of effectiveness one month after treatment.

**Results:** shock wave therapy in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis, compared with standard methods of treatment, improved the quality of life and reduced pain three weeks after the start of treatment and has a more pronounced effect in the long term ( $p < 0.05$ ); allowed to reduce the intensity of the signal from the bone tissue (trabecular edema) according to the results of magnetic resonance imaging.

**Conclusion:** the expediency of using shock wave therapy in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis is substantiated, which makes it possible to recommend its use in practical healthcare.

**Keywords:** lateral epicondylitis, tendinitis, tendon injury

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

**For citation:** Ivanov M.V., Samoylov A.S., Zhestyankin N.R. Shock wave therapy evaluation in the complex treatment of athletes with lateral epicondylitis. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):5–13. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.6>

**Received:** 11 August 2022

**Accepted:** 4 November 2022

**Online first:** 30 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\* Corresponding author

## 1. Введение

Латеральный эпикондилит (ЛЭ) — распространенная патология локтевого сустава, возникающая вследствие повторяющихся микротравм мышц-разгибателей предплечья и их сухожилий [1–5].

Согласно современным статистическим данным, ЛЭ хотя бы раз в жизни встречался у 1–3 % населения [6–8], при этом чаще всего страдают лица мужского пола в возрасте 35–50 лет [9]. К предрасполагающим факторам можно отнести длительное пребывание за компьютером [10, 11], работа с инструментами весом более 1 кг, а также создающими вибрацию [12–14], частый подъем груза весом более 20 кг, повторяющиеся движения в верхних конечностях более 2 часов в день, например у спортсменов [15–17]. Несмотря на устоявшееся название «локоть теннисиста», ЛЭ характерен также для других видов спорта, таких как баскетбол, легкая атлетика (метание диска, копья), бейсбол, сквош, бадминтон, бейсбол, плавание и другие [18–21]. Следует отметить, что из общего числа пациентов с ЛЭ только 5 % связывают травму с большим теннисом [22]. При этом практически 50 % теннисистов старше 30 лет на каком-либо

этапе спортивной деятельности испытывали боль в латеральной области локтевого сустава [23].

Согласно современным литературным данным, существует несколько мнений относительно патогенеза данного заболевания. ЛЭ ранее считался тендинитом [5, 24–26], однако гистопатологически было показано, что в сухожилии мало воспалительных элементов: макрофагов и нейтрофилов [27]. Таким образом, ЛЭ является тендиозом, который определяется как дегенеративный, а не воспалительный процесс [7, 9, 28–31]. Также есть теория о том, что длительный период снижения нагрузки на сухожилие может привести к его структурному ослаблению, что делает его более уязвимым к внешним воздействиям [32, 33].

Сухожилия имеют более низкий уровень кровоснабжения по сравнению с мышцами и подвержены травмам, когда мышцы остаются сокращенными в течение длительного времени, что фактически приводит к нарушению кровоснабжения сухожилия [34–36]. Это приводит к образованию свободных радикалов, которые могут повреждать ткань сухожилия [37]. Другая теория состоит в том, что любое повреждение сухожилия активирует протеинкиназы, которые приводят к апоптозу [38].

Хотя известно, что структура пораженного сухожилия при ЛЭ характеризуется множественными повреждениями, самого по себе этого недостаточно для объяснения вариабельности симптомов у пациентов [2, 7, 12]. Считается, что причина боли частично связана с повышенной концентрацией нейротрансмиттеров, таких как глутамат, которые повышают чувствительность к боли, и с прямым раздражением от химических веществ, таких как лактат, количество которых, как было обнаружено, увеличивается при тендинопатиях [21, 28].

Целями лечения ЛЭ являются купирование боли, улучшение силы хвата и выносливости, а также контроль дальнейшего гистологического и клинического ухудшения [1–3, 8]. Симптомы ЛЭ (боль, нарушение мышечной силы) без лечения длятся в среднем от 2 недель до 2 лет. 89 % пациентов выздоравливают в течение 1 года без какой-либо терапии, за исключением избегания болезненных движений в случае спортивной деятельности [1–3, 12, 30].

В консервативном лечении ЛЭ используется несколько подходов: покой и ограничение движений [4, 6, 12, 32], физические упражнения [12, 17, 21, 31], физиотерапевтические методы [12, 17, 26, 29], иммобилизация [10], местные инъекции (кортикостероиды и богатая тромбоцитами плазма, ботулотоксин) [31], пероральные или местные нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) [12, 20], мануальная терапия [21] и другие.

Малое количество исследований посвящено физическим упражнениям, которые используются не только в качестве лечения ЛЭ, но и в качестве профилактики. Так, некоторые авторы [22, 27, 32] демонстрируют снижение уровня боли у пациентов, применяющих эксцентрические упражнения и упражнения для улучшения подвижности локтевого сустава.

Как правило, ЛЭ хорошо поддается многим видам консервативного лечения. Но в некоторых случаях есть показания к оперативному вмешательству: сохранение симптомов заболевания более полугода, несмотря на проводимую терапию [18]. На данный момент хирургическое лечение ЛЭ недостаточно изучено: нет четкого определения удобных и безопасных доступов к локтевому суставу [12]. Эти данные свидетельствуют о том, что требуется дальнейший поиск оптимального консервативного лечения с быстрым и стойким эффектом.

Новые возможности лечения ЛЭ появились в связи с внедрением ударно-волновой терапии в практику травматологов-ортопедов. В доступных литературных источниках отсутствует систематическое всестороннее освещение этого метода, нет и единого мнения по оптимальным режимам лечения тендопатии в области локтевого сустава.

Ударно-волновая терапия (УВТ) представляет собой метод физиотерапевтического лечения, основанный на преобразовании электромагнитных волн в акустические волны в диапазоне инфразвука [5]. Основными

клиническими эффектами ударных волн являются анальгетический эффект [12, 30], активация микроциркуляции и неоангиогенеза [21, 29], стимуляция метаболических процессов [13], противовоспалительный эффект [6]. Ударные волны при воздействии на ткани улучшают микроциркуляцию, изменяют проницаемость клеточных мембран, восстанавливают клеточный ионный обмен, стимулируют метаболизм тканей и выведение продуктов катаболизма, обуславливая тем самым ускорение регенераторных процессов [8, 1].

Несмотря на популярность УВТ среди специалистов разных областей, для лечения ЛЭ она не используется широко и все еще является новым методом, требующим изучения. Недостаточное количество исследований, касающихся сравнительного анализа УВТ с другими физиотерапевтическими методами лечения, оставляет открытым вопрос об эффективности данного метода и возможности его выбора как лечения первого порядка у пациентов с ЛЭ.

**Цель исследования:** в сравнительном аспекте оценить эффективность ударно-волновой терапии в комплексном лечении спортсменов с латеральным эпикондилитом по сравнению со стандартными методами лечения.

## 2. Материалы и методы

В соответствии с целью работы и для решения поставленных задач в период с 2019 по 2022 г. было обследовано в общей сложности 220 спортсменов обоих полов в возрасте от 18 до 45 лет с диагнозом «М77. 1 Латеральный эпикондилит».

*Критериями включения в исследование явились:*

- наличие установленного диагноза «М77. 1 Латеральный эпикондилит»;
- наличие спортивного звания: кандидат в мастера спорта (КМС), мастер спорта (МС), мастер спорта международного класса (МСМК); либо спортсмены-любители (без звания, но с тренировочной деятельностью как минимум 3 раза в неделю);
- возраст от 18 до 45 лет;
- длительность заболевания от 1 до 90 дней;
- отсутствие предшествующего лечения по поводу установленного диагноза.

*Критериями невключения явились:*

- возраст менее 18 и более 45 лет;
- отсутствие спортивного звания либо тренировочная деятельность менее 3 раз в неделю;
- другие заболевания верхних конечностей и шеи в анамнезе;
- коагулопатии;
- общий инфекционный процесс;
- кожные заболевания в области воздействия ударными волнами.

*Критериями исключения явились:*

- отказ от участия в исследовании;
- неполное прохождение курса лечения;

- непереносимость процедур;
- отказ от контрольного приема через месяц после лечения.

В настоящем исследовании приняли участие 168 спортсменов с диагнозом «М77.1 Латеральный эпикондилит», из них 78 женщин (46,4 %) и 90 мужчин (53,6 %) в возрасте от 20 до 45 лет. (средний возраст пациентов составил  $31,48 \pm 6,72$  года).

Спортсмены в зависимости от применяемых методов лечения были разделены на две группы. В основной группе ( $n = 94$ ) было проведено лечение с использованием радиальной УВТ и стандартных методов лечения (НПВП, ношение брейса, лечебная физкультура). В группе сравнения ( $n = 74$ ) было проведено лечение только при помощи стандартных методов.

Клиническое обследование включало сбор жалоб, анамнеза, физикальное обследование. Оценку уровня боли и качества жизни проводили по шкалам QuickDASH и PRTEE.

Кистевую динамометрию [Lesnak, 2019] спортсменов проводили при помощи динамометра «Мегеон-34090» по следующей методике: спортсмен брал динамометр в руку циферблатом вперед, отводил руку в сторону до параллели с полом и максимально сжимал его. Измерение проводилось только на пораженной руке в течение трех попыток, затем сумму всех попыток делили на 3 и получали средний показатель.

Оценку структур локтевого сустава проводили при помощи магнитно-резонансной томографии до исследования и через месяц после лечения. В работе использовали томограф Siemens Magnetom Aera 1.5T.

Оценивали степень повреждения следующих структур локтевого сустава:

- сухожилие лучевого разгибателя запястья;
- мышечная часть лучевого разгибателя запястья;
- хрящ;
- костная ткань;
- наличие суставного выпота.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Пациенты основной и контрольной групп были сопоставимы по полу, возрасту, длительности заболевания ( $p > 0,05$ ). Средний возраст пациентов основной группы составил  $31,64 \pm 6,9$  года, контрольной —  $31,27 \pm 6,57$  года. Средняя продолжительность заболевания пациентов основной группы составила  $32,87 \pm 28,47$  года, контрольной —  $34,7 \pm 28,15$  дня. При сравнении данных МРТ перед началом исследования в группах не было выявлено статистически значимых различий ( $p > 0,05$  по всем показателям). Пациенты групп были также сопоставимы по уровню боли, качества жизни и силе мышц кисти (табл. 1).

Был выполнен сравнительный анализ показателей по шкале QuickDASH в основной и контрольной группах

Таблица 1

Сопоставимость пациентов основной и контрольной групп по уровню боли, качеству жизни и силе мышц кисти

Table 1

Patients of the main and control groups comparability in terms of pain level, quality of life and hand muscle strength

Показатель	Группа	Группа			P
		M ± SD	95% ДИ	n	
QuickDash (%)	основная	$31,38 \pm 11,62$	27,97–34,79	94	0,052
	контрольная	$24,49 \pm 12,87$	20,20–28,79	74	
PRTEE (баллы)	основная	$65,51 \pm 23,78$	58,53–72,49	94	0,052
	контрольная	$48,81 \pm 22,80$	41,21–56,41	74	
Сила мышц кисти (кг)	основная	$58,94 \pm 15,62$	54,35–63,52	94	0,181
	контрольная	$54,49 \pm 14,16$	49,76–59,21	74	

Таблица 2

Анализ показателей шкалы QuickDASH в зависимости от группы

Table 2

Analysis of QuickDASH scores by group

QuickDASH	Группа	Группа			P
		M ± SD	95% ДИ	n	
Через неделю (%)	основная	$16,89 \pm 12,70$	13,16–20,62	94	0,116
	контрольная	$21,45 \pm 13,54$	16,94–25,97	74	
Через 3 недели (%)	основная	$7,45 \pm 7,89$	5,13–9,76	94	0,002
	контрольная	$15,03 \pm 12,63$	10,82–19,24	74	
Через месяц после лечения (%)	основная	$4,65 \pm 6,31$	2,80–6,51	94	< 0,001
	контрольная	$12,67 \pm 11,55$	8,82–16,52	74	



через неделю от начала лечения, через три недели от начала лечения и через месяц после лечения (табл. 2).

При сравнении показателей шкалы QuickDASH в группах через неделю после начала лечения не было выявлено статистически достоверных различий ( $p = 0,052$ ,  $p = 0,116$  соответственно). Однако уже через 3 недели от начала лечения появились статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). В основной группе средний показатель по шкале составил  $7,45 \pm 7,89$  %, тогда как в контрольной группе этот показатель составил более высокий процент —  $15,03 \pm 12,63$ . Через месяц после лечения статистическая значимость разницы сохранилась:  $4,65 \pm 6,31$  и  $12,67 \pm 11,55$  % соответственно. Графическое представление данных групп через 3 недели от начала лечения и через месяц после окончания представлено на рис. 1 и 2.

При сравнении показателей шкалы PRTEE в группах через неделю и через три недели после начала лечения не было выявлено статистически достоверных различий ( $p = 0,052$ ,  $p = 0,733$ ,  $p = 0,053$  соответственно). Однако через месяц после окончания лечения появились статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). В основной группе средний показатель по шкале составил  $12,02 \pm 11,63$  балла, тогда как в контрольной группе этот показатель составил более высокий балл —  $22,49 \pm 17,94$  (табл. 3). Графическое представление данных групп через месяц после окончания лечения представлено на рис. 3.

Аналогичным образом был проведен сравнительный анализ силы мышц кисти через неделю и три недели после начала лечения и через месяц после окончания лечения. Статистически достоверной разницы между

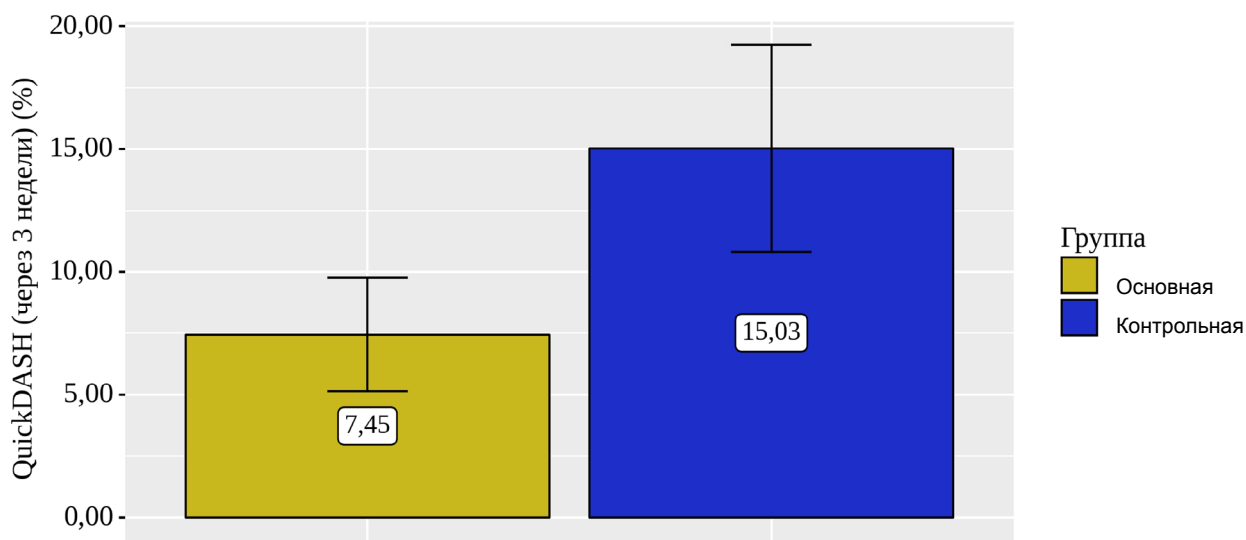


Рис. 1. Анализ показателей шкалы QuickDASH (через 3 недели от начала лечения) в зависимости от группы  
Pic. 1. Analysis of QuickDASH scores (after 3 weeks from the start of treatment) depending on the group

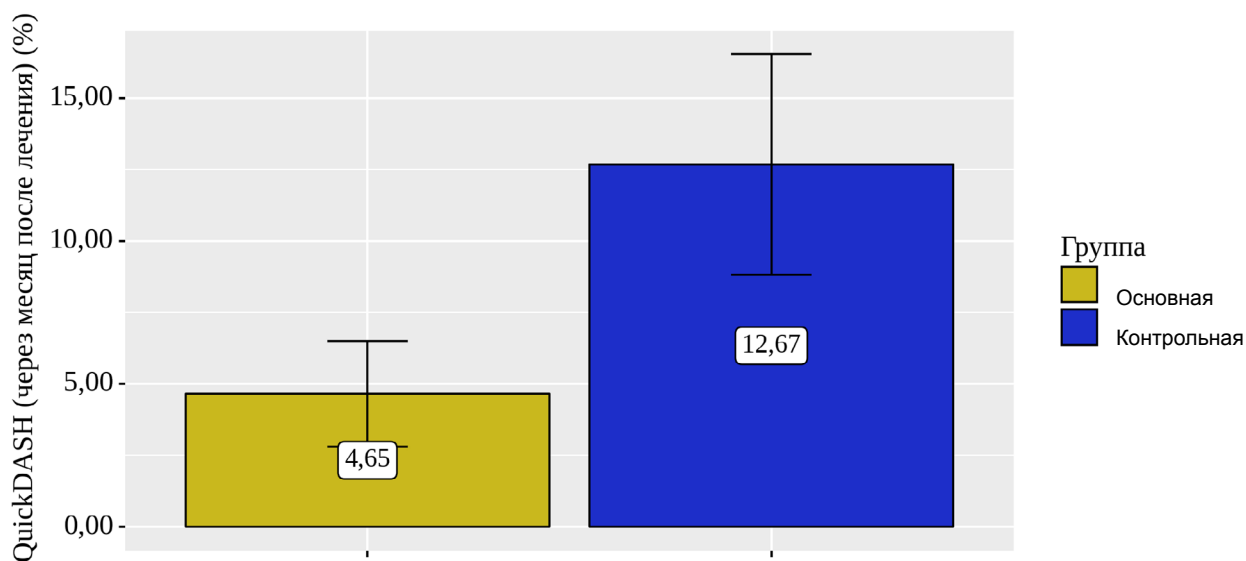


Рис. 2. Анализ показателей шкалы QuickDASH (через месяц после окончания лечения) в зависимости от группы  
Pic. 2. Analysis of indicators of the QuickDASH scale (one month after the end of treatment) depending on the group

Таблица 3

## Анализ показателей шкалы PRTEE в зависимости от группы

Table 3

## Analysis of indicators of the PRTEE scale depending on the group

PRTEE	Группа	Группа			P
		M ± SD	95 % ДИ	n	
Через неделю (баллы)	основная	38,17 ± 21,83	31,76–44,58	94	0,733
	контрольная	39,78 ± 20,88	32,82–46,74	74	
Через 3 недели (баллы)	основная	21,02 ± 14,89	16,65–25,39	94	0,053
	контрольная	28,97 ± 20,69	22,07–35,87	74	
Через месяц после лечения (баллы)	основная	12,02 ± 11,63	8,61–15,44	94	0,003
	контрольная	22,49 ± 17,94	16,50–28,47	74	

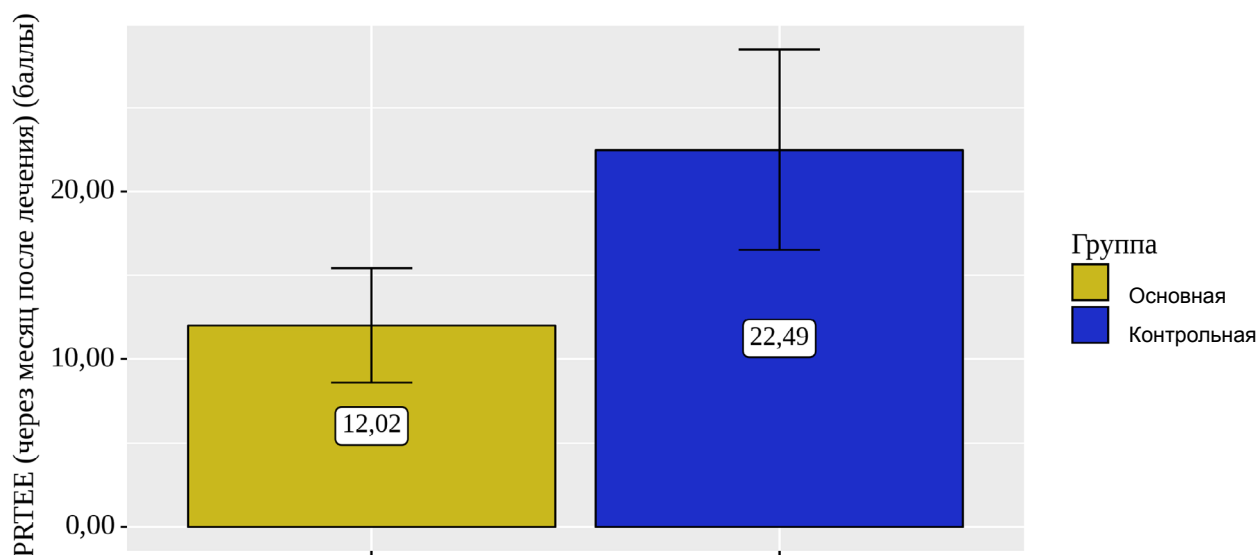


Рис. 3. Анализ показателей по шкале PRTEE (через месяц после лечения) в зависимости от группы  
 Pic. 3. Analysis of indicators on the PRTEE scale (one month after treatment) depending on the group

показателями не было обнаружено ( $p = 0,181$ ,  $p = 0,178$ ,  $p = 0,189$ ,  $p = 0,186$  соответственно) (табл. 4).

Согласно данным, полученным при помощи МРТ, через месяц после лечения статистически значимая разница между группами была выявлена только по степени повреждения костной ткани ( $p = 0,047$ ). Основная группа имела более выраженное снижение интенсивности сигнала от трабекулярного отека (табл. 5).

При оценке наличия суставного выпота через месяц после лечения не было выявлено статистически достоверных различий —  $p > 0,05$  (табл. 6)

**Вклад авторов:**

**Иванов Марк Владимирович** — сбор и обработка материала, статистический анализ, написание текста статьи.

**Александр Сергеевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Жестянкин Никита Романович** — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

**4. Выводы**

Согласно полученным данным следует сделать вывод о том, что включение УВТ в комплексный подход к лечению спортсменов с ЛЭ позволяет достоверно значимо снизить уровень боли и улучшить функцию верхней конечности уже через три недели от начала лечения, при этом не влияя на силу мышц кисти; позволяет уменьшить степень повреждения костной ткани (трабекулярный отек) согласно данным МРТ через месяц после лечения.

**Authors' contributions:**

**Mark V. Ivanov** — material collection and processing, statistical analysis, article text writing.

**Alexander S. Samoylov** — editing, approval of the final version of the article.

**Nikita R. Zhestyankin** — material collection and processing, article text writing.

Таблица 4

**Анализ силы мышц кисти в зависимости от группы**

Table 4

**Analysis of hand muscle strength depending on the group**

Сила мышц кисти	Группа	Группа			P
		M ± SD	95 % ДИ	n	
Через неделю (кг)	основная	58,81 ± 15,40	54,29–63,33	94	0,178
	контрольная	54,35 ± 14,32	49,58–59,13	74	
Через 3 недели (кг)	основная	58,79 ± 15,69	54,18–63,39	94	0,189
	контрольная	54,41 ± 14,16	49,68–59,13	74	
Через месяц после лечения (кг)	основная	59,02 ± 15,53	54,46–63,58	94	0,186
	контрольная	54,68 ± 13,92	50,04–59,32	74	

Таблица 5

**Сравнительная характеристика основной и контрольной групп по результатам магнитно-резонансной томографии через месяц после лечения**

Table 5

**Comparative characteristics of the main and control groups according to the results of magnetic resonance imaging one month after treatment**

Показатель	Группа	Показатель			P
		M ± SD	95 % ДИ	n	
Степень повреждения сухожилия	основная	1,36 ± 0,93	0,82–1,89	14	0,283
	контрольная	1,80 ± 1,03	1,06–2,54	10	
Степень повреждения мышцы	основная	1,00 ± 0,00	1,00–1,00	14	0,245
	контрольная	1,10 ± 0,32	0,87–1,33	10	
Степень повреждения хряща	основная	1,00 ± 0,00	1,00–1,00	14	0,245
	контрольная	1,10 ± 0,32	0,87–1,33	10	
Степень повреждения костной ткани	основная	1,00 ± 0,00	1,00–1,00	14	0,047*
	контрольная	1,20 ± 0,42	0,90–1,50	10	

Таблица 6

**Сравнительная характеристика основной и контрольной групп по наличию суставного выпота через месяц после лечения**

Table 6

**Comparative characteristics of the main and control groups in terms of the presence of joint effusion one month after treatment**

Показатель	Категории	Группа		P
		Основная группа	Контрольная группа	
Суставной выпот	да	8 (57,1)	4 (40,0)	0,680
	нет	6 (42,9)	6 (60,0)	



**Список литературы / References**

1. **Ikonen J., Lähdeoja T., Ardern C.L., Buchbinder R., Reito A., Karjalainen T.** Persistent Tennis Elbow Symptoms Have Little Prognostic Value: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2022;480(4):647–660. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000002058>
2. **Elzaki M., Kelly M., Foghlú C.N., Lenehan B., O'Farrell D.** Tennis elbow: what is the score on Internet-based information? *Ir. J. Med. Sci.* 2022;191(1):497–498. <https://doi.org/10.1007/s11845-021-02559-6>
3. **Dragoo J.L., Meadows M.C.** The use of biologics for the elbow: a critical analysis review. *J. Shoulder Elbow Surg.* 2019;28(11):2053–2060. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.07.024>
4. **Day J.M., Lucado A.M., Dale R.B., Merriman H., Marker C.D., Uhl T.L.** The Effect of Scapular Muscle Strengthening on Functional Recovery in Patients With Lateral Elbow Tendinopathy: A Pilot Randomized Controlled Trial. *J. Sport Rehabil.* 2021;30(5):744–753. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0203>
5. **Runge F.** Zur genese und behandlung des schreibekramfes. *Berlin Klin Wochenschr.* 1873;10:245–248 (In German).
6. **Castillo-Lozano R., Casuso-Holgado M.J.** Incidence of musculoskeletal sport injuries in a sample of male and female recreational paddle-tennis players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2016;57(6):816–821. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06240-x>
7. **Bhandari R., Sinha R., Kayastha N., Joshi A.** Calcific Tendinitis in the Elbow Presented as Acute Tennis Elbow. *J. Nepal Health Res. Counc.* 2020;17(4):553–555. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v17i4.2104>
8. **Shiri R., Viikari-Juntura E., Varonen H., Heliovaara M.** Prevalence and determinants of lateral and medial epicondylitis: a population study. *Am. J. Epidemiol.* 2006;164(11):1065–1074. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj325>
9. **Yi R., Bratchenko W.W., Tan V.** Deep Friction Massage Versus Steroid Injection in the Treatment of Lateral Epicondylitis. *Hand.* 2018;13(1):56–59. <https://doi.org/10.1177/1558944717692088>
10. **Tarpada S.P., Morris M.T., Lian J., Rashidi S.** Current advances in the treatment of medial and lateral epicondylitis. *J. Orthop.* 2018;15(1):107–110. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.040>
11. **Ahmed A.F., Rayyan R., Zikria B.A., Salameh M.** Lateral epicondylitis of the elbow: an up-to-date review of management. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2022 Jan. 15. <https://doi.org/10.1007/s00590-021-03181-z>
12. **Graf D.N., Fritz B., Bouaicha S., Sutter R.** Elbow Instability. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2021;25(4):574–579. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735467>
13. **Houck D.A., Kraeutler M.J., Thornton L.B., McCarty E.C., Bravman J.T.** Treatment of Lateral Epicondylitis With Autologous Blood, Platelet-Rich Plasma, or Corticosteroid Injections: A Systematic Review of Overlapping Meta-analyses. *Orthop. J. Sports Med.* 2019;7(3):2325967119831052. <https://doi.org/10.1177/2325967119831052>
14. **Dedes V., Tzirogiannis K., Polikandrioti M., Dede A.M., Mitseas A., Panoutsopoulos G.I.** Comparison of radial extracorporeal shockwave therapy with ultrasound therapy in patients with lateral epicondylitis. *J. Med. Ultrason.* 2020;47(2):319–325. <https://doi.org/10.1007/s10396-019-01002-9>
15. **Descatha A., Albo F., Leclerc A., Carton M., Godeau D., Roquelaure Y., et al.** Lateral epicondylitis and physical exposure at work? A review of prospective studies and meta-analysis. *Arthritis Care Res.* 2016;68(11):1681–1687. <https://doi.org/10.1002/acr.22874>
16. **Clarke A.W., Ahmad M., Curtis M., Connell D.A.** Lateral elbow tendinopathy: Correlation of ultrasound findings with pain and functional disability. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(6):1209–1214. <https://doi.org/10.1177/0363546509359066>
17. **Challoumas D., Kirwan P.D., Borysov D., Clifford C., McLean M., Millar N.L.** Topical glyceryl trinitrate for the treatment of tendinopathies: A systematic review. *Br. J. Sports Med.* 2019;53(4):251–262. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099552>
18. **Özmen T., Koparal S.S., Karataş Ö., Eser F., Özkurt B., Gafuroğlu T.Ü.** Comparison of the clinical and sonographic effects of ultrasound therapy, extracorporeal shock wave therapy, and Kinesio taping in lateral epicondylitis. *Turkish journal of medical sciences.* 2021;51(1):76–83. <https://doi.org/10.3906/sag-2001-79>
19. **Yan C., Xiong Y., Chen L., Endo Y., Hu L., Liu M., et al.** A comparative study of the efficacy of ultrasonics and extracorporeal shock wave in the treatment of tennis elbow: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Orthop. Surg. Res.* 2019;14(1):248. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1290-y>
20. **Walton M.J., Mackie K., Fallon M., Butler R., Bredahl W., Zheng M.H., Wang A.** The reliability and validity of magnetic resonance imaging in the assessment of chronic lateral epicondylitis. *J. Hand. Surg. Am.* 2011;36(3):475–479. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2010.11.040>
21. **Patel H., Lala S., Helfner B., Wong T.T.** Tennis overuse injuries in the upper extremity. *Skeletal Radiol.* 2021;50(4):629–644. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03634-2>
22. **Thomas L., Kremers H.M., Bryan A.J., Ransom J.E., Smith J., Morrey B.F.** The Epidemiology and Health Care Burden of Tennis Elbow. A Population-Based Study. *Am. J. Sports Med.* 2015; 43(5):1066–1071. <https://doi.org/10.1177/0363546514568087>
23. **Sayegh E.T., Strauch R.J.** Does nonsurgical treatment improve longitudinal outcomes of lateral epicondylitis over no treatment? A meta-analysis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2015;473(3):1093–1107. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-4022-y>
24. **Mezian K., Novotný T., Chomiak J., Hrazdira L.** Sono­grafické vyšetření lokte [Scanning Technique in Elbow Ultrasonography]. *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* 2021;88(4 Suppl):15–20.
25. **Tarpada S.P., Morris M.T., Lian J., Rashidi S.** Current advances in the treatment of medial and lateral epicondylitis. *J. Orthop.* 2018;15(1):107–110. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.040>
26. **Struijs P.A., Kerkhoffs G.M., Assendelft W.J., Van Dijk C.N.** Conservative treatment of lateral epicondylitis: Brace versus physical therapy or a combination of both — A randomized clinical trial. *Am. J. Sports Med.* 2004;32(2):462–469. <https://doi.org/10.1177/0095399703258714>
27. **Nirschl R.P.** Tennis elbow. *Orthop. Clin. North Am.* 1973;4:787–800.
28. **Martin S., Sanchez E.** Anatomy and biomechanics of the elbow joint. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2013;17(5):429–436. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1361587>
29. **Ma K.L., Wang H.Q.** Management of Lateral Epicondylitis: A Narrative Literature Review. *Pain Res. Manag.* 2020;2020:6965381. <https://doi.org/10.1155/2020/6965381>
30. **Keijsers R., de Vos R.J., Kuijer P.P.F., van den Bekerom M.P., van der Woude H.J., Eygendaal D.** Tennis elbow. *Shoulder Elbow.* 2019;11(5):384–392. <https://doi.org/10.1177/1758573218797973>
31. **Kannus P., Józsa L.** Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon: a controlled study of 891 patients. *J. Bone Joint Surg.* 1991;73(10):1507–1525. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173100-00009>
32. **Doran A., Gresham G.A., Rushton N., Watson C.** Tennis elbow: a clinicopathologic study of 22 cases followed

for 2 years. *Acta Orthop. Scand.* 1990;61:535–538. <https://doi.org/10.3109/17453679008993577>

33. **Pattanittum P., Turner T., Green S., Buchbinder R.** Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) for treating lateral elbow pain in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2013;2013(5):CD003686. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd003686.pub2>

34. **Li A., Wang H., Yu Z., Zhang G., Feng S., Liu L., Gao Y.** Platelet-rich plasma vs corticosteroids for elbow epicondylitis: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(51):e18358. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000018358>

35. **Kraushaar B.S., Nirschl R.P.** Tendinosis of the elbow (tennis elbow): clinical features and findings of histological, immunohistochemical, and electron microscopy studies. *J. Bone Joint Surg.*

1999;81(2):259–278. <https://doi.org/10.2106/00004623-199902000-00014>

36. **Coombes B.K., Bisset L., Vicenzino B.** A new integrative model of lateral epicondylalgia. *Br. J. Sports Med.* 2009;43(4):252–258. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.052738>

37. **Arnoczky S.P., Tian T., Lavagnino M, Keri Gardner, Paul Schuler, Patrick Morse.** Activation of stress-activated protein kinases (SAPK) in tendon cells following cyclic strain: the effects of strain frequency, strain magnitude, and cytosolic calcium. *J. Orthop. Res.* 2002;20(5):947–952. [https://doi.org/10.1016/s0736-0266\(02\)00038-4](https://doi.org/10.1016/s0736-0266(02)00038-4)

38. **Allander E.** Prevalence, incidence, and remission rates of some common rheumatic diseases or syndromes. *Scand. J. Rheumatol.* 1974;3(3):145–153. <https://doi.org/10.3109/03009747409097141>

#### Информация об авторах:

**Самойлов Александр Сергеевич**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> (fmbc@fmba.ru)

**Иванов Марк Владимирович\***, ассистент кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-4522> (dr.markivanov@gmail.com)

**Жестянкин Никита Романович**, студент ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, Россия, 127473, Москва, ул. Делегатская, 20, стр. 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> (nikita221100@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Alexander S. Samoylov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, general director of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> (fmbc@fmba.ru)

**Mark V. Ivanov\***, assistant professor of the Department of Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of Biomedical University of Innovation and Continuing Education of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3361-4522> (dr.markivanov@gmail.com)

**Nikita R. Zhestyankin**, student of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, bld. 1, Delegatskaya str., Moscow, 127473, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-2504> (nikita221100@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.9>

УДК 572.087, 796

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## Соматотипологические характеристики спортсменов различных видов спорта

К.В. Выборная

ФБГУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,  
Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Объект исследования:** в настоящее время многие исследователи занимаются оценкой морфологических показателей спортсменов с целью определения морфофункционального статуса, являющегося лишь малой частью комплексного обследования, посвященного, например, оценке питания или спортивных достижений. Однако первоочередной задачей спортивной морфологии остается поиск «предпочтительных» или «эталонных» соматотипов, свойственных конкретному виду спорта, т. к. залогом спортивной успешности является не только максимально эффективная тренированность и выносливость, но и характерный для конкретного вида спорта морфологический статус (антропометрические показатели, состав тела и соматотипологический профиль).

**Цель исследования:** обобщить имеющиеся на сегодня данные, основанные на результатах оригинальных исследований, касающихся спортивной соматотипологии.

**Материалы и методы:** для решения поставленных задач был использован анализ научно-методической литературы, посвященной соматотипологическим характеристикам спортсменов различных групп и видов спорта. Проанализировано 29 источников литературы, обобщены данные литературных (15) и собственных (14) исследований по проблеме спортивной соматотипологии.

**Результаты:** в сводные таблицы собраны соматотипологические характеристики спортсменов согласно временным периодам работы над определением соматотипологического профиля спортсменов. В табл. 1 представлены результаты обследований Мартиросова Эдуарда Георгиевича — ведущего специалиста в области функциональной и спортивной морфологии, чьи исследования относятся к 1980–2000-м годам. В табл. 2 собраны немногочисленные результаты исследований, проведенных за последние 10 лет, в которых, как и в исследованиях Э.Г. Мартиросова, был сделан упор на комплексный подход к оценке физического развития спортсменов. В табл. 3 отображены результаты исследований, выполненных в рамках работы лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии (с января 2022 г. — лаборатория антропонутириологии и спортивного питания) ФБГУН «ФИЦ питания и биотехнологии» с 2018 по 2021 г., затрагивающие некоторые группы спорта, с целью определения динамики компонентов соматотипа спортсменов в зависимости от пола, возраста, вида спорта, весовой категории, а также игрового амплуа.

**Ключевые слова:** спорт высших достижений, соматотип, биоимпедансный анализ, схема соматотипирования Хит — Картера, спортивная соматотипология, модельные характеристики спортсменов, динамика компонентов соматотипа

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

**Для цитирования:** Выборная К.В. Соматотипологические характеристики спортсменов различных видов спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):14–29. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.9>

Поступила в редакцию: 28.04.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Online first: 5.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

## Somatotypological characteristics of athletes of various sports

Ksenia V. Vybornaya

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**Objective:** currently, many researchers are evaluating the morphological parameters of athletes in order to determine the morphofunctional status, which is only a small part of a comprehensive survey devoted, for example, to assessing nutrition or sports achievements. However, the primary task of sports morphology remains the search for “preferred” or “reference” somatotypes characteristic of a particular sport, since the key to sports success is not only the most effective fitness and endurance, but also the morphological status characteristic of a particular sport (anthropometric indicators, body composition and somatotypological profile).

**Purpose of the study:** to summarize the data available to date, based on the results of original studies related to sports somatotypology.



**Materials and methods:** to solve the tasks set, an analysis of the scientific and methodological literature devoted to the somatotypological characteristics of athletes of various groups and sports was used. 29 literature sources were analyzed, the data of literary (15) and own (14) studies on the problem of sports somatotypology were summarized.

**Results:** the summary tables contain the somatotypological characteristics of athletes according to the time periods of work on determining the somatotypological profile of athletes. Table 1 presents the results of examinations by Mrtirosov Eduard Georgievich, a leading specialist in the field of functional and sports morphology, whose research dates back to the 1980s — 2000s. Table 2 contains a few results of studies conducted over the past 10 years, in which, as in the studies of Martirosov E.G., emphasis was placed on an integrated approach to assessing the physical development of athletes. Table 3 shows the result of studies carried out as part of the work of the Laboratory of Sports Anthropology and Nutrition (since January 2022 — the Laboratory of Anthroponutrition and Sports Nutrition) of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology" from 2018 to 2021, affecting some groups of sports, with the aim of determining the dynamics of the components of the somatotype of athletes depending on gender, age, sport, weight category, as well as playing roles.

**Keywords:** elite sports, somatotype, bioimpedance analysis, Heath — Carter somatotyping scheme, sports somatotypology, model characteristics of athletes, dynamics of somatotype components

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

**For citation:** Vybornaya K.V. Somatotypological characteristics of athletes of various sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):14–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.9>

**Received:** 28 April 2022

**Accepted:** 13 October 2022

**Online first:** 5 November 2022

**Published:** 30 December 2022

## 1. Введение

В настоящее время в связи с возрастающими требованиями к спорту в общем и к спортсмену в частности одним из распространенных практических медико-биологических направлений науки остается спортивная соматотипология. В спорте высших достижений изучение основных антропометрических показателей, показателей состава тела и конституциональных особенностей является актуальным и важным для профессионального отбора, отслеживания динамики физического развития, средством ранней диагностики нарушений в физическом развитии [1, 2].

Все современные виды спорта принято группировать в 5 основных групп: сложнокоординационные, скоростно-силовые, игровые, циклические и спортивные единоборства. В каждую группу входят виды спорта, схожие по характеру физической нагрузки и движений, однако виды спорта отличаются друг от друга совмещением физических нагрузок различной направленности в различных соотношениях [3]. Морфологическая адаптация организма к физическим нагрузкам характерна для каждого вида спорта и зависит от особенностей специализации [1].

На начальном этапе спортивного отбора в первую очередь следует ориентироваться на стабильные, малоизменяемые в ходе развития и в меньшей степени зависящие от тренировочных воздействий признаки — морфологические характеристики, в то время как упор на педагогические критерии — быстрота овладения техникой, интенсивность прогрессирования спортивных результатов и уровни формирования специфических физических способностей — является второстепенным признаком и оценивается в совокупности с морфологией спортсмена [4]. Морфологический статус человека во многом предопределяет его функциональные возможности, отражающиеся в конечном счете на предрасположенности к различным видам деятельности. Эта

общая концепция более рельефно выражена у спортсменов, действующих в экстремальных условиях, требующих проявления максимальной работоспособности. Поэтому лица с определенными чертами телосложения оказываются более приспособленными к высоким достижениям в конкретных видах спорта. По мнению М. Г. Мартиросова [5], если спортивная деятельность адекватна морфофункциональным особенностям организма, то возможности генофонда раскрываются наиболее полно и реализуются в морфофункциональном статусе спортсменов.

Из теории и практики физической культуры, любительского и профессионального спорта известно, что достижение спортивного результата во многом определяется морфологическими характеристиками организма. Их интегральным показателем являются соматотипы. Существует множество схем соматотипирования, однако самой распространенной из них является схема В. Шелдона в модификации Б. Хит и Дж. Е. Картера (далее — схема Хит — Картера) [6]. Преимуществом данной схемы является то, что по ней можно определить соматотипы людей обоего пола, всех национальностей и рас в возрасте от 2 до 70 лет. Соматотипирование по схеме Хит — Картера учитывает три величины, отражающие различные аспекты телосложения: уровень развития жировой ткани (ENDO, эндоморфия), костной и мышечной ткани (MESO, мезоморфия) и меру вытянутости тела (ECTO, эктоморфия). Данные компоненты соматотипа рассчитываются по формулам на основе антропометрических измерений. Соматотипирование на основе антропометрических данных считается наиболее точным, поскольку производится ряд измерений физических показателей тела и на основе точных формул делается вывод о принадлежности к тому или иному типу телосложения.

Показательно, что при динамическом изменении мышечной массы тела и количества жировой ткани в организме соматосрез будет меняться, и в сравнении

с точками предыдущих замеров будет наблюдаться дрейф текущей точки, показывающий направление изменений, происходящих в организме [7].

**Цель исследования:** обобщить имеющиеся на сегодня данные, основанные на результатах оригинальных исследований, касающихся спортивной соматотипологии.

#### Задачи исследования

1. Провести патентный поиск российской литературы — оригинальных исследований, посвященных определению соматотипов спортсменов различных специализаций.

2. Выявить особенности соматотипологического профиля спортсменов различных специализаций.

#### 2. Материалы и методы

Для решения поставленных задач использован анализ научно-методической литературы, проанализировано 29 источников литературы, обобщены данные литературных (15) и собственных (14) исследований по проблеме спортивной соматотипологии.

#### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Интенсивный тренировочный процесс сопровождается значительным изменением большого количества антропометрических показателей, которые характеризуют состояние движения адаптационных сдвигов, направленных на оптимизацию приспособительных реакций организма спортсмена [1]. Также многочисленными исследованиями показано [9–16], что изменение композиционного состава тела в сторону увеличения мышечного компонента является приспособительной реакцией организма на интенсивные и регулярные физические нагрузки как у мужчин, так и у женщин. Причем при адаптации к разным по характеру нагрузкам — собственно силовым и направленным на развитие силовой выносливости — происходят изменения состава (значительное увеличение мышечного компонента) и пропорций тела спортсменов, что наиболее выражено с ростом спортивной квалификации [17].

В зависимости от интенсивности и силы физической нагрузки и требований спортивного отбора к морфологическим показателям спортсменов различных видов спорта было также показано, что представители различных спортивных специализаций имеют различные соматотипы. Есть мнение, что в силу повышенной физической нагрузки на пределе возможностей спортсмены обладают сильно развитой мускулатурой и преобладающим компонентом соматотипа у них является мезоморфный компонент, отвечающий за развитие мышечной массы тела. Однако имеет значение не только доминирующий, но и второй по значению компонент (при оценке соматотипа по схеме Хит — Картера), или второй и третий по значению, если они являются равнозначными, т. к. соматотип определяется соотношением всех трех компонентов.

Характерные для различных обследованных групп спортсменов соматотипы представлены в табл. 1.

Нами также были проанализированы результаты исследований, проведенных за последние 10 лет, в которых был сделан упор на комплексный подход к оценке физического развития. Чтобы составить морфологический портрет спортсмена конкретного вида спортивной специализации, недостаточно полагаться лишь на антропометрические показатели, отражающие уровень физического развития, и необходимы более информативные признаки, основанные на исследовании компонентного состава массы тела, позволяющие провести также диагностику конкретного соматотипа [17].

Анализ литературных данных показал, что за последние 10 лет более обследованы по соматотипологическому профилю виды спорта, относящиеся к группе единоборств [17]; для четырех остальных групп спорта исследований не так много. В табл. 2 собраны результаты соматотипологического обследования спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта: спортивных единоборствах [17], циклических [18, 19], скоростно-силовых [20], сложнокоординационных видах спорта [3, 21] и спортивных играх [19, 22].

Имея возможность подробнее ознакомиться с работами, опубликованными в Российской Федерации за последние 10 лет, были сделаны некоторые выдержки из них, чтобы более подробно изучить и сравнить характеристики соматотипа, состава тела и антропометрических данных (где это было возможно) для различных видов спорта, принадлежащих к одной группе, причем по данным не одного, а нескольких исследователей.

В исследованиях Д. Д. Сафаровой [20] в результате проведенного соматотипирования установлены 3 вариации соматотипов спортсменок, занимающихся дзюдо и боксом: экто-мезоморфный, эндо-мезоморфный и соматотип, характеризующийся сбалансированной или уравновешенной мезоморфией. Было показано, что для спортсменок сравниваемых специализаций преобладающим является эндо-мезоморфный соматотип, хотя жировой компонент (эндоморфия) гораздо больше развит у дзюдоисток, что обусловлено спецификой тренировочной деятельности.

Часто встречающимися соматическими типами для борцов всех олимпийских весовых категорий (как среди мужчин, так и среди женщин) являются эндо-мезоморфные и мезо-эндоморфные типы. Частота встречаемости этих соматических типов варьируется в зависимости от весовой категории. При обследовании 62 спортсменок, занимающихся боксом и борьбой (возраст от 18 до 23 лет) [15], было показано, что у спортсменок в соматотипе преобладал мышечный компонент и его относительный показатель был больше у представительниц бокса, что на 7,5% выше среднего значения в контрольной группе женщин, не занимающихся спортом. Содержание жировой массы тела женщин, занимающихся боксом, составило  $22,0 \pm 0,70\%$

Таблица 1

Модельные соматотипологические характеристики спортсменов высших достижений по данным Э. Г. Мартиросова [9–11]

Table 1

Model somatotypological characteristics of elite athletes according to E. G. Martirosov [9–11]

Группа спорта Sport group	Вид спорта Kind of sport	Соматотип Somatotype
Сложнокоординационные Difficult coordination sports	спортивная гимнастика	1,4–6,4–2,0 экто-мезоморфный
	художественная гимнастика	3,6–4,3–2,6 эндо-мезоморфный
Игровые Team sports	волейбол	2,8–4,8–3,0 сбалансированный мезоморфный
	баскетбол	2,3–4,7–3,4 экто-мезоморфный
	гандбол	3,5–5,4–1,7 эндо-мезоморфный
	футбол	2,5–5,2–2,7 сбалансированный мезоморфный
	регби	3,2–5,5–1,6 эндо-мезоморфный
Скоростные, силовые, скоростно-силовые и виды спорта скоростной выносливости Speed, power, speed-strength and speed endurance sports	бег на короткие дистанции (100 и 200 м)	2,5–5,5–2,9 экто-мезоморфный
	бег на средние и длинные дистанции (5000 и 10 000 м)	2,2–4,2–4,3 мезо-эктоморфный
	прыжки в высоту	2,2–4,1–4,4 мезо-эктоморфный
	прыжки в длину	2,2–5,0–3,5 экто-мезоморфный
	тяжелая атлетика	2,9–6,4–1,5 эндо-мезоморфный
Циклические Cyclic sports	академическая гребля	4,6–5,2–1,7 эндо-мезоморфный
Спортивные единоборства Wrestling sports	дзюдо	3,3–6,8–1,1 эндо-мезоморфный
	классическая борьба	3,0–6,4–1,0 эндо-мезоморфный
	вольная борьба	2,7–6,5–1,0 эндо-мезоморфный
	самбо	2,5–6,6–1,2 эндо-мезоморфный
	бокс	2,4–5,5–1,7 эндо-мезоморфный

при соответственно меньшей средней толщине кожно-жировых складок ( $12,6 \pm 0,16$  мм) по сравнению с группой контроля. Такие морфологические признаки, как большая ширина плеч, малая ширина таза, хорошо развитая мускулатура, незначительное жиросотложение, пропорции тела, дисбаланс половых гормонов, увеличение андрогенов на фоне снижения эстрогенов указывают на различную степень морфологической маскулинизации спортсменов, занимающихся боксом. Также было показано, что женщины-борцы в среднем имеют на 33–38% большую выраженность эндоморфного компонента и на 40–47% меньшую выраженность

мезоморфного компонента по сравнению с мужчинами-борцами.

В работе Е. А. Олейник [17] показано также, что для представительниц бокса характерен тип сбалансированных мезоморфов, а для женщин-борцов характерен эндо-мезоморфный соматотип (3,8–4,9–2,3). При этом представительницы обоих видов борьбы обладают хорошо развитым компонентом мезоморфии.

А. И. Латоша и соавт. [13] показали, что среди студенток в возрасте 18–19 лет, занимающихся комплексными единоборствами, на долю девушек с экто-эндоморфным соматотипом приходится 30%,

Таблица 2

**Соматотипологические характеристики спортсменов по данным исследований последнего десятилетия**

Table 2

**Somatotypical characteristics of athletes according to research data of the last decade**

Вид спорта Kind of sport	Соматотип Somatotype	Источник Literature source
Спортивные единоборства Wrestling sports		
Дзюдо (женщины)	4,0–4,9–3,0 эндо-мезоморфный — преобладающий	[12] (2017)
Бокс (женщины)	3,3–4,8–2,8 эндо-мезоморфный — преобладающий	[12] (2017)
Комплексные единоборства (женщины)	30% — экто-эндоморфы 30% — эндо-мезоморфы 40% — мезо-эндоморфы	[13] (2019)
Каратэ киокушинкай (мальчики, младший школьный возраст)	7–8 лет мезо-эктоморфный 9–10 лет экто-мезоморфный	[14] (2019)
Борцы вольного стиля (женщины и мужчины), 48, 53 и 69 кг (весовая категория)	мезо-эндоморфный	[15] (2016)
Борцы вольного стиля (женщины и мужчины), 58, 63, и 75 кг (весовая категория)	эндо-мезоморфный	[15] (2016)
Борьба: вольная борьба, дзюдо, самбо, греко-римская борьба	экто-мезоморфный преобладающий	[16] (2016)
Бокс (женщины)	3,2–4,8–2,8 сбалансированный мезоморф	[17] (2013)
Борьба (женщины)	3,8–4,9–2,3 эндо-мезоморфный	[17] (2013)
Циклические Cyclic sports		
Гребля на байдарках и каноэ (юноши)	экто-мезоморфный преобладающий	[18] (2014)
Гребля на байдарках и каноэ (девушки)	эндо-мезоморфный преобладающий	[18] (2014)
Лыжный спорт (женщины)	1,8–2,8–2,7 экто-мезоморфный	[19] (2016)
Скоростные, силовые, скоростно-силовые, и виды спорта скоростной выносливости Speed, power, speed-strength, and speed endurance sports		
Бегуны (мужчины), короткие дистанции	3,6–2,9–1,9 мезо-эндоморфный	[20] (2015)
Бегуны (мужчины), длинные дистанции	3,3–3,6–2,3 эндо-мезоморфный	[20] (2015)
Сложнокоординационные Difficult coordination sports		
Спортивная аэробика (женщины)	3,2–4,4–2,9 эндо-мезоморфный	[21] (2013)
Танцевальный спорт (женщины)	4,1–3,2–3,5 экто-эндоморфный	[3] (2013)
Акробатический рок-н-ролл (женщины)	2,5–4,4–3,7 экто-мезоморфный	[3] (2013)
Спортивные игры Team sports		
Волейбол (женщины)	2,1–2,6–2,5 экто-мезоморфный	[19] (2016)
Футбол (мужчины)	экто-мезоморфный преобладающий	[22] (2005)



эндо-мезоморфным — 30% и мезо-эндоморфным — 40% от числа всех обследуемых. Также было показано, что доля тощей массы тела этих спортсменов в среднем составила 84,2%, относительная масса жировой ткани — 23,6%, мышечной ткани — 49,25% и костного компонента — 13,2%. Превалирование мышечного компонента у спортсменов данной специализации является адаптацией к тренировочным нагрузкам, при этом жировой компонент тела сохраняется в пределах нормальных значений.

Ю.О. Дьякова и соавт. [14], обследуя мальчиков 7–10 лет, занимающихся каратэ киокушинкай, выявили, что в возрасте 7–8 лет для юных спортсменов характерен мезо-эктоморфный соматотип, а в 9–10 лет преобладающим является экто-мезоморфный тип, что выражается в хорошо развитой мускулатуре (как результат адаптации к тренировочным нагрузкам) и незначительном жиросодержании при достаточной выносливости тела.

В работе У.А. Мусаевой и соавт. [18] представлены систематизированные данные о типах телосложения гребцов — членов сборной команды Республики Узбекистан по гребле на байдарках и каноэ (юноши и девушки 17–21 года высших спортивных разрядов). Показано, что большая часть спортсменов-юношей, специализирующихся в гребле, относятся к экто-мезоморфному типу, в то время как квалифицированные гребчихи имеют эндо-мезоморфный соматотип с выраженным жировым компонентом.

М.К. Борщ и соавт. [16], изучая доминирующие соматотипы и компонентный состав тела высококвалифицированных борцов различных весовых категорий, установили, что в изученных ими видах борьбы (вольная борьба, дзюдо, самбо, греко-римская борьба) наиболее типичным для спортсменов являлся экто-мезоморфный соматотип, и вне зависимости от весовой категории спортсмены обладали высокими показателями тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной массы тела, что отражает наличие оптимального уровня морфофункциональных возможностей спортсменов для выполнения специфических двигательных действий и проявления специфических физических качеств. При этом масса жировой ткани значительно варьировала и была более выражена у спортсменов тяжелых весовых категорий.

Исследования, проведенные Сафаровой Д.Д. и соавт. [20] указывают на то, что мужчины-бегуны в зависимости от дистанционной специализации являются представителями различных соматотипов и компонентного состава тела соответственно. Соматотип бегунов на короткие дистанции — спринтеров, специализирующихся во взрывной силе — относится к мезо-эндоморфному типу. Соматотип бегунов на длинные дистанции — стайеров, специализирующихся на выносливости — относится к эндо-мезоморфному. Легкоатлеты, специализирующиеся в беге на средние дистанции, занимают промежуточное положение по выраженности мышечной

лыжницы имели более развитые баллы мезоморфии и эктоморфии и менее развитый балл эндоморфии по сравнению с волейболистками. При этом спортсменки-лыжницы [Н.Д. Нененко, 2014] внутри группы являются представителями двух соматотипов — экто-мезоморфного (в 53,33% случаев) и мезо-эктоморфного (в 46,67% случаев).

Г.Д. Алексанянц и соавт. [22], изучая компонентный состав тела футболистов, выявили, что большинство обследуемых спортсменов различных амплуа обладают высокими значениями мышечного компонента на фоне низких и средних значений жирового компонента. В ходе определения соматотипа было показано, что среди спортсменов всех игровых амплуа преобладают спортсмены с экто-мезоморфным типом телосложения. К нему принадлежат 81,8% игроков линии нападения, 66,6% игроков линии полузащиты и 88,8% игроков линии защиты. Остальные игроки относятся к эндо-мезоморфам и сбалансированным мезоморфам.

В лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии (с января 2022 г. — лаборатория антропологии и спортивного питания) ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» с 2018 по 2021 г. был проведен ряд исследований [23–36], затрагивающий некоторые группы спорта с целью определения динамики компонентов соматотипа спортсменов в зависимости от пола, возраста, вида спорта, весовой категории, а также игрового амплуа.

При обследовании девочек и девушек, занимающихся художественной гимнастикой ( $n = 102$ , 6–17 лет) [23], и сравнении полученных морфологических, компонентных и соматотипологических показателей с показателями представительниц группы контроля ( $n = 340$ , 7–17 лет) было показано, что гимнастки обладают меньшими тотальными размерами тела и имеют меньшие показатели относительного содержания жира в организме по сравнению с контрольной группой. При этом у представительниц группы гимнастики в возрасте 2-го детства и подростковом возрасте выше показатели относительного содержания скелетно-мышечной массы и удельной величины основного обмена, чем у представительниц группы контроля. Гимнастки также отличаются по соматотипологическому профилю — имеют достоверно более высокие показатели компонента ECTO и достоверно более низкие показатели компонента ENDO. С увеличением возраста и уровня спортивного мастерства наблюдается выраженная динамика соматотипа от экто-мезоморфного (с преобладанием мышечного компонента тела) к мезо-эктоморфному (с преобладанием костного компонента) у гимнасток. Для гимнасток 1-го детства соматотип представлен формулой 2–3,7–3,4; 2-го детства — 2–3,4–4,3; подросткового возраста — 1,8–3,2–4,9; юношеского возраста — 2,1–3–4,9 (табл. 3).

При разделении гимнасток на группы кратного одному году [24] была прослежена определенная динамика компонентов соматотипа гимнасток

массы между спринтерами и стайерами. При этом у стайеров выявлены меньшие значения длины и массы тела, обхвата грудной клетки (ОГК) и абсолютной поверхности тела; мышечная масса бедра у стайеров достоверно превышает соответствующие показатели спринтеров.

В исследовании Е. А. Олейник [21] было показано, что для 18–23-летних представительниц спортивной аэробики характерен эндо-мезоморфный соматотип. Обращает на себя внимание тот факт, что у представительниц аэробики средние показатели акромиального диаметра (ширина плеч) больше, а тазо-гребневого диаметра (ширина таза) меньше, чем в контрольной группе, что свидетельствует о хорошем развитии плечевого пояса, указывает на атлетическое телосложение спортсменок и проявление морфологической маскулинизации. Эти данные отражают современные тенденции формирования соматического статуса спортсменок в определенных видах спорта, который характеризуется увеличением длины тела, достоверным увеличением массы тела и относительного содержания мышечного компонента и достоверным снижением жирового компонента тела при меньших значениях толщины КЖС по сравнению с данными девушек контрольной группы, не занимающимися спортом, а также особенностями пропорций тела по мужскому типу, что в целом определяет маскулиновый тип телосложения.

Е. А. Олейник [3] показала также, что представительницы различных танцевальных видов спорта (спортсменки 18–20 лет) отличаются друг от друга по показателям физического развития и характеризуются особенностями телосложения, обусловленными спецификой их двигательной активности. Для представительниц акробатического рок-н-ролла был характерен экто-мезоморфный, а для представительниц танцевального спорта — экто-эндоморфный соматотип. Различия эти связаны с меньшей силовой нагрузкой представительниц танцевального спорта и меньшей мощностью выполняемой работы, чем в акробатическом рок-н-ролле. Силовая направленность исполнения многих технических элементов в акробатическом рок-н-ролле отражается в достоверно большем количестве относительного количества мышечной и достоверно меньшем количестве жировой массы тела при меньших средних значениях толщины кожно-жировых складок (КЖС), чем у представительниц, специализирующихся в танцевальном спорте.

В исследовании Н. Д. Нененко и соавт. [19] также были показаны отличия в соматотипологических параметрах девушек в зависимости от уровня двигательной активности. Соматотип девушек, не занимающихся спортом, относился к экто-эндоморфному, со слабым развитием мышечного компонента тела (балла мезоморфии) и составил в балльном соотношении 3,3–2,7–2,9. При этом девушки, специализирующиеся в волейболе и лыжном спорте, принадлежали к экто-мезоморфному соматотипу (балльную оценку см. в табл. 2), при этом

в зависимости от возраста (табл. 3). Менее всего выявлены колебания эндоморфного компонента, отвечающего за развитие жировой массы тела. Его показатели остаются в среднем на уровне двух баллов в разных возрастных группах, имея среднегрупповые колебания от 1,4 до 2,2 балла. Значения мезоморфного компонента уменьшаются с увеличением возраста: в 6 лет этот показатель составляет 3,7 балла, а к 17 годам — уже 3,0 балла. Эктоморфный компонент, отвечающий за костный компонент и степень вытянутости скелета, в группе гимнасток имеет самые большие колебания — от 3,1 до 5,5 балла. В группе художественных гимнасток все различия по экто-, мезо- и эндоморфному компонентам между представительницами всех возрастных групп недостоверны ( $p > 0,05$ ).

При обследовании 23 спортсменов — членов молодежной сборной команды России по фигурному катанию на коньках [25, 26], специализирующихся в парном катании (11 человек: 5 юношей, средний возраст — 18,2 года, масса тела (МТ) — 76,8 кг, длина тела (ДТ) — 181,9 см, жировая масса тела (ЖМТ) — 17,1%, тощая масса тела (ТМТ) — 82,9%, активная клеточная масса (АКМ) — 63,4%; и 5 девушек, средний возраст — 15 лет, МТ — 41,7 кг, ДТ — 153 см, ЖМТ — 18,4%, ТМТ — 81,6%, АКМ — 58,6%) и танцах на льду (13 человек: 6 юношей, средний возраст — 20 лет, МТ — 75,8 кг, ДТ — 184,3 см, ЖМТ — 17,6%, ТМТ — 82,4%, АКМ — 61,7%; и 7 девушек, средний возраст — 18 лет, МТ — 55,2 кг, ДТ — 168,1 см, ЖМТ — 24,2%, ТМТ — 875,8%, АКМ — 55,6%), было показано, что у девушек-парниц выявлен пониженный уровень физического развития по основным антропометрическим показателям, однако относительные показатели АКМ и СММ имеют повышенные значения благодаря регулярным физическим нагрузкам. Количество жировой массы тела у танцовщиц находится в пределах нормы, у фигуристок отмечены пониженные и очень низкие значения жировой массы тела, что связано отчасти с некоторыми ограничениями в питании и с высоким уровнем физических нагрузок. По показателям состава тела мужчины обеих групп практически не отличаются между собой, однако спортсмены имеют нормальные показатели жировой массы тела на фоне повышенных показателей тощей, активной клеточной и скелетно-мышечной массы тела, что указывает на повышенное физическое развитие. Для мужчин, как парников, так и танцоров (табл. 3) [27], характерным являлся эндо-мезоморфный соматотип, однако у танцоров компонент эктоморфии, отвечающий за вытянутость тела, развит значительно, и в группе встречаются единичные случаи экто-мезоморфов и мезо-эктоморфов. Соматотип в группе мужчин-парников выражен формулой 2,6–4,8–2,2; в группе мужчин-танцоров — 2,5–4,3–2,7. Женщины-парницы являются представительницами экто-мезоморфного соматотипа, тогда как танцовки представляли как эндо-мезоморфный, так и мезо-эктоморфный соматотипы, что также

**Соматотипологические характеристики спортсменов по данным исследований ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» за 2018–2021 гг.**

**Somatotypological characteristics of athletes according to the research data of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology for 2018–2021**

Вид спорта Kind of sport	Соматотип Somatotype	Источник Literature source
Сложнокоординационные		
	При разделении на возрастные подподгруппы согласно возрастной периодизации: — 1-е детство: 2–3,7–3,4 экто-мезоморфный — 2-е детство: 2–3,4–4,3 мезо-экторморфный — подростковый возраст: 1,8–3,2–4,9 мезо-экторморфный — юношеский возраст: 2,1–3–4,9 мезо-экторморфный.	[23]
Художественная гимнастика (девочки и девушки)	При разделении на группы кратно одному году: — группа 6 лет: 2,2–3,7–3,1 — группа 7 лет: 1,9–3,6–3,5 — группа 8: 2,0–3,4–4,0 — группа 9: 1,8–3,6–4,1 — группа 10: 1,9–3,3–4,5 — группа 11: 2,1–3,5–4,4 — группа 12: 1,9–3,3–4,6 — группа 13: 2,0–3,4–4,6 — группа 14: 1,7–2,8–5,4 — группа 15: 1,4–2,9–5,5 — группа 16: 2,0–2,9–5,1 — группа 17: 2,2–3,0–4,8	[24]
Парное катание (мужчины)	2,6–4,8–2,2 эндо-мезоморфный	[27]
Парное катание (женщины)	2,3–4,3–3,6 экто-мезоморфный	
Танцы на льду (мужчины)	2,5–4,3–2,7 эндо-мезоморфный преобладающий, встречаются единичные случаи экто-мезоморфов и мезо-экторморфов, что влияет на средний балл по группе	
Танцы на льду (женщины)	2,9–3,9–3,2 эндо-мезоморфный	
Спортивные игры Team sports		
Водное поло (мужчины)	3,1–4,5–2,4 эндо-мезоморфный	[28]
Футбол (мужчины), по данным антропометрии и расчетным формулам	Вся группа: 3,6–4,6–2,6 эндо-мезоморфный	[29, 30, 31]
	При разделении на амплуа: — вратари: 2,8–4,1–3,5 экто-мезоморфный — полузащитники: 3,7–4,8–2,4 эндо-мезоморфный — нападающие: 3,6–4,8–2,6 эндо-мезоморфный — защитники: 3,8–4,7–2,6 эндо-мезоморфный	

Таблица 3. Продолжение

Table 3. Продолжение

Вид спорта Kind of sport	Соматотип Somatotype	Источник Literature source
Футбол (мужчины), по данным измерения на биоимпедансном анализаторе	Вся группа: 2,6–5,2–2,6 сбалансированный мезоморфный	[29, 30, 31]
	При разделении на амплуа: — вратари: 2–4,4–3,5 экто-мезоморфный — полузащитники: 2,7–5,5–2,4 сбалансированный мезоморфный — нападающие: 2,4–5,0–2,7 сбалансированный мезоморфный — защитники: 2,8–5,0–2,6 сбалансированный мезоморфный	
Хоккей (женщины)	— защитники: 4,4–5,2–1,7 — нападающие: 3,9–5,0–2,2 — вратари: 4,5–4,7–2,4	[24, 32]
Спортивные единоборства Wrestling sports		
Бокс (мужчины)	— ВК* 52 кг: 2,3–5,1–3,2 — ВК 57 кг: 2,4–5,3–2,9 — ВК 63 кг: 2,4–5,3–2,8 — ВК 69 кг: 2,8–5,7–2,3 — ВК 75 кг: 3,0–5,6–2,1 — ВК 81 кг: 3,2–5,5–2,1 — ВК 91 кг: 3,4–5,8–1,6 — ВК 91+ кг: 4,0–6,1–1,1	[24, 32]
Циклические Cyclic sports		
Триатлон (мужчины)	2,1–4,3–3,8 экто-мезоморфный	[32, 33, 34],
Триатлон (женщины)	3,2–3,9–3,4 центральный	
Академическая гребля (мужчины)	2,6–4,8–2,5 сбалансированный мезоморфный	[35, 36]
Академическая гребля (женщины)	3,5–4,4–2,6 эндо-мезоморфный	

\* ВК — весовая категория

как и у мужчин-танцоров связано с более развитым у них компонентом эндоморфии. У танцорок более развит балл эндоморфии и менее развит балл мезоморфии по сравнению с женщинами-парницами. Соматотип в группе женщин-парниц выражен формулой 2,3–4,3–3,6; в группе женщин-танцорок — 2,9–3,9–3,2.

По данным исследования [28], игроки мужской сборной команды России по водному поло ( $n = 15$ ; возраст от 19 до 29 лет) являлись представителями эндо-мезоморфного соматотипа с числовым выражением 3,1–4,5–2,4 (табл. 3). Характерными особенностями спортсменов-ватерполистов являются высокие показатели МТ, ДТ, объема талии (ОТ) и бедер (ОБ), АКМ и скелетно-мышечной массы тела (СММ) по сравнению со средними популяционными значениями. Показатели индекса массы тела (ИМТ), индекса ОТ/ОБ и ЖМТ в основном

имеют нормальные значения, что говорит о гармоничности физического развития.

В результате определения соматотипологического профиля игроков Московского футбольного клуба второго дивизиона ( $n = 24$ ; средний возраст  $24,16 \pm 0,87$  года) [29, 30, 31] при оценке по схеме Хит — Картера выявлены доминирующие соматотипы — экто-мезоморфный, эндо-мезоморфный и сбалансированный мезоморфный, причем есть некоторые различия при разделении по игровым амплуа. Для всей группы спортсменов были характерны соматотипы с доминированием компонента мезоморфии, отвечающего за развитие мышечного компонента тела. При этом по игровым амплуа вратари более тяготеют к эктоморфам — представителям соматотипа с более вытянутым телом, а полевые игроки — к эндоморфам — представителям соматотипа



со склонностью к развитию жирового компонента тела. Также было показано (табл. 3), что два метода определения соматотипа по схеме Хит — Картера — измеренный с помощью программного обеспечения Медасс (ABC-01 Медасс, Россия) на биоимпедансном анализаторе состава тела [7] и рассчитанный по формулам на основании антропометрических измерений — дают различные результаты. В среднем по группе футболисты имели эндо-мезоморфный соматотип (по данным антропометрии) и сбалансированный мезоморфный (по данным биоимпедансометрии). При разделении на игровые амплуа все полевые игроки имели эндо-мезоморфный соматотип (по данным антропометрии) сбалансированный мезоморфный соматотип (по данным биоимпедансометрии). Вратари отличались от полевых игроков и по результатам обоих обследований показали себя представителями экто-мезоморфного соматотипа. Два метода регистрации дают достоверно значимо отличающиеся результаты по компоненту ENDO и не достоверно значимо отличающиеся результаты по компоненту MESO.

При обследовании женщин — игроков женской сборной команды России по хоккею с шайбой ( $n = 25$ , средний возраст  $22,4 \pm 3,6$  года) [24, 32] было показано, что наиболее встречаемым соматотипом среди хоккеисток был эндо-мезоморфный, с превалированием мышечного компонента тела; к нему относилось 64% обследованных. На втором месте по распространенности был соматотип мезо-эндо с хорошо развитым как мышечным, так и жировым компонентами тела (20% обследованных); 12% обследованных относилось к центральному и 4% — к мезо-эндоморфному соматотипам. При этом соматотипологическая диагностика показала, что существует определенная зависимость соотношения баллов соматотипа от игрового амплуа: нападающие имеют достоверно меньший балл эндоморфии, чем защитники и вратари, что говорит о том, что у них меньше развит жировой компонент, чем у представителей других амплуа. В группе хоккеисток все различия по экто-, мезо- и эндоморфному компонентам между представительницами трех игровых амплуа недостоверны ( $p > 0,05$ ).

При обследовании высококвалифицированных боксеров ( $n = 161$ , средний возраст  $20,2 \pm 2,6$  года) — членов молодежной и взрослой национальных сборных команд России [24, 32] была показана динамика соматотипа от эктомезоморфного 2,3–5,1–3,2 (с преобладанием мышечного и костного компонентов) до эндомезоморфного 4,0–6,1–1,1 (с преобладанием мышечного и жирового компонентов) с увеличением весовой категории (табл. 3). По мере увеличения весовой категории возрастает значение компонента ENDO от 2,3 до 4,0 балла, возрастает значение компонента MESO от 5,1 до 6,1 балла (хорошее развитие мышечного компонента у представителей всех весовых групп) и уменьшается значение компонента ECTO от 3,2 до 1,1 как показатель того, что с увеличением массы, длины, индекса массы тела и весовой категории компонент, отвечающий за грацильность

и вытянутость скелета, теряет свой «вес» в соматотипологическом профиле боксеров. По эндоморфному и эктоморфному компонентам выявлены различия у представителей весовой категории «52» от весовых категорий «91» и «91+» и представителей весовых категорий «57», «63» и «69» от представителей весовой категории «91+». По мезоморфному компоненту достоверных различий между представителями всех весовых категорий не выявлено ( $p > 0,05$ ).

При обследовании 35 спортсменов (юноши и мужчины,  $n = 20$ , средний возраст  $17,8 \pm 2,2$  года; девушки и женщины —  $n = 15$ , средний возраст —  $16,6 \pm 2$  года) — представителей олимпийской молодежной и взрослой сборных команд России по триатлону [32, 33, 34] было показано, что соматотипологический профиль обследованных нами триатлетов отличается от профиля представителей группы контроля в сторону увеличения компонента ECTO, отвечающего за грацильность и вытянутость тела, и уменьшения компонентов ENDO и MESO, отвечающих за развитие жирового и мышечного компонентов массы тела. Групповой соматотип триатлетов представлен формулой 3,2–3,9–3,4 с превалированием мышечного и костного компонентов, а представительниц контрольной группы — формулой 3,9–4,5–2,7 с превалированием мышечного и жирового компонентов соматотипа. Мужчины же, как триатлеты (2,1–4,3–3,8), так и представители группы контроля (2,4–4,9–3,2), являются преимущественно представителями экто-мезоморфного соматотипа с превалированием мышечного и костного компонентов. В группе женщин, занимающихся триатлоном, превалируют представители центрального, мезо-эктоморфного и эндо-мезоморфного соматотипов; в группе мужчин, занимающихся триатлоном, превалируют представители мезо-эктоморфного, эндо-мезоморфного, экто-мезоморфного, мезо-эктосоматотипов. У женщин, занимающихся триатлоном, меняется соматотипологический профиль, который становится приближенным к соматотипу мужчин за счет увеличения доли мышечного и уменьшения доли жирового компонента.

При обследовании 35 спортсменов обоего пола — членов молодежной сборной команды РФ по гребному спорту, занимающихся академической греблей, представителей мужских и женских экипажей распашных и парных восьмерок с рулевым или без него (18 мужчин, средний возраст —  $20,8 \pm 1,1$  года, ДТ — 190,1 см, МТ — 90,0 кг, ИМТ —  $24,9 \text{ кг/м}^2$ , ЖМТ — 17,2%, ТМТ — 74,4 кг, АКМ — 62,9%; 17 женщин, средний возраст —  $20,4 \pm 1,3$  года, ДТ — 175,9 см, МТ — 70,9 кг, ИМТ —  $25,6 \text{ кг/м}^2$ , ЖМТ — 18,6%, ТМТ — 52,3 кг, АКМ — 58,9%) [35, 36] показано, что спортсмены, как мужчины, так и женщины, рослее и массивнее представителей группы контроля, обладают крепким телосложением, характеризуются низкой величиной жировой массы тела и значительной величиной мышечной массы тела. Соматотипологический профиль мужчин-гребцов выражен формулой 2,6–4,8–2,5, представителей группы контроля — 2,6–5,1–2,8; достоверных

различий между значениями компонентов соматотипа не обнаружено, при этом два компонента соматотипа (MESO и ECTO) у представителей группы контроля выражены недостоверно больше. Соматотипологический профиль гребчих выражен формулой 3,5–4,4–2,6, представительниц группы контроля — 3,9–4,4–2,6; достоверных различий между значениями компонентов соматотипа не обнаружено, при этом компонент соматотипа ENDO у представительниц группы контроля выражены недостоверно больше. Женщины-спортсменки, занимающиеся академической греблей, по морфологическим и конституциональным характеристикам значительно отличаются от мужчин-гребцов. Половой диморфизм выражен значительно, о чем говорят значения критерия Стьюдента для таких показателей, как  $TMT_{кр}$  ( $p = 11,1$ ),  $AKM_{кр}$  ( $p = 12,5$ ),  $CMM_{кр}$  ( $p = 12,4$ ),  $CMM_{\%TM}$  ( $p = 13,1$ ). Сравнение соматотипологических профилей показала различия по жировому компоненту ENDO — у женщин его значение достоверно больше, чем у мужчин ( $p = 3,4$ ).

На основании скомпонованного в данной статье массива данных является возможным сопоставить соматотипологические профили спортсменов некоторых видов спорта, обследованных в разные временные периоды, обнаружить различия в соматотипологических профилях спортсменов, обследованных с разницей сорок лет и выявить, как претерпевают изменения значения компонентов соматотипа.

На примере футбола и волейбола можно сопоставить соматотипы спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта. По данным Э. Г. Мартиросова [9], спортсмены, специализирующиеся в волейболе, имеют сбалансированный мезоморфный соматотип (2,8–4,8–3,0), а футболисты — такой же сбалансированный мезоморфный, только с более выраженным компонентом MESO и с менее развитыми компонентами ENDO и ECTO (2,5–5,2–2,7). Данные Мартиросова сопоставимы с данными Н. Д. Нененко и соавт. [19], где показано, что женщины-волейболистки имеют экто-мезоморфный соматотип (2,1–2,6–2,5); и с данными Г. Д. Алексанянц и соавт. [22], где показано, что мужчины-футболисты также принадлежат к экто-мезоморфам. По данным Мартиросова, спортсмены, принадлежащие к игровым видам спорта, более мезоморфны, чем спортсмены, обследованные Н. Д. Нененко и соавт. [19] и Г. Д. Алексанянц и соавт. [22]. По последним данным [29–31], футболисты являются представителями эндо-мезоморфного соматотипа (3,6–4,6–2,6), при этом при разделении на игровые амплуа полевые игроки являются представителями эндо-мезоморфного соматотипа (полузащитники 3,7–4,8–2,4; нападающие: 3,6–4,8–2,6; защитники: 3,8–4,7–2,6), а вратари — экто-мезоморфного (2,8–4,1–3,5). Данные из исследований [29, 30, 31] более приближены к исследованиям Мартиросова Э. Г. [9], т. к. в них футболисты имеют более выраженный компонент MESO, чем в исследовании Г. Д. Алексанянц и соавт. [22].

На примере бега можно сопоставить соматотипы спортсменов, занимающихся видами спорта, тренирующими скоростную выносливость. По данным Э. Г. Мартиросова [9], взрослые спортсмены, специализирующиеся в беге на короткие дистанции, более эктоморфны (экто-мезоморфный соматотип, выраженный формулой 2,5–5,5–2,9), чем спортсмены, специализирующиеся в беге на длинные дистанции (мезо-эктоморфный соматотип, выраженный формулой 2,2–4,2–4,3). Данные Э. Г. Мартиросова [9] сопоставимы с результатами исследования Д. Д. Сафаровой и соавт. [20], где показано, что мужчины-бегуны как на короткие (мезо-эндоморфный соматотип, выраженный формулой 3,6–2,9–1,9), так и на длинные (эндо-мезоморфный соматотип, выраженный формулой 3,6–2,9–1,9) дистанции имеют более эндоморфный и менее эктоморфный соматотипы, т. е. у них более развит жировой и менее развиты мышечный компонент и компонент, отвечающий за выносливость и грацильность. При этом в обоих исследованиях прослеживается определенная динамика компонентов соматотипа — бегуны на короткие дистанции более эндоморфны и менее эктоморфны, чем бегуны на длинные дистанции, т. е. у бегунов на длинные дистанции менее развит жировой компонент и более развит и компонент, отвечающий за выносливость и грацильность.

На примере гребного спорта можно сопоставить соматотипы спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. По данным Э. Г. Мартиросова, [9] спортсмены, специализирующиеся в академической гребле, имеют эндо-мезоморфный соматотип (4,6–5,2–1,7). Данные этого исследования сопоставимы с данными У. А. Мусаевой и соавт. [18], которые показали, что преобладающим соматотипом среди юношей, специализирующихся в гребле на байдарках и каноэ, является экто-мезоморфный, а среди девушек — эндо-мезоморфный. По данным наиболее современного исследования [35, 36] показано, что соматотипологический профиль мужчин-гребцов выражен формулой 2,6–4,8–2,5 (сбалансированный мезоморфный); женщин-гребчих — формулой 3,5–4,4–2,6 (эндо-мезоморфный). Гребчихи по морфологическим и конституциональным характеристикам значительно отличаются от мужчин-гребцов, сравнение соматотипологических профилей показало различия по жировому компоненту ENDO — у женщин его значение достоверно больше, чем у мужчин ( $p = 3,4$ ). Следует отметить, что, по данным Мартиросова у гребцов был более развит как мышечный, так и жировой компонент по сравнению с исследованиями последних десятилетий. Данные по обследованию гребцов в трех временных периодах сопоставимы между собой, т. к. показано, что преобладающим в их соматотипе является компонент MESO, а компоненты ENDO и ECTO лабильны и имеют либо равный балльный вес в соматоформуле, либо один из них является преобладающим над другим.

На примере гимнастики можно сопоставить сомато-профили спортсменов, занимающихся сложнокоординационными видами спорта. По данным Э. Г. Мартиросова [9] взрослые спортсмены, специализирующиеся в спортивной гимнастике (СГ), более эктоморфны по сравнению с художественными гимнастками (ХГ). Среди СГ преобладающим является экто-мезоморфный соматотип (1,4–6,4–2,0), а среди ХГ — эндо-мезоморфный (3,6–4,3–2,6). При этом исследованиями последних лет [23, 24] было показано, что спортсменки юношеского возраста более эктоморфны (грацильны) и обладают мезо-эктоморфным соматотипом (2,1–3–4,9) с преобладанием компонента ЕСТО, а динамика соматотипологической формулы от возраста первого детства до юношеского возраста претерпевает следующие изменения: гимнастики 1-го детства являются носителями соматотипа с формулой 2–3,7–3,4; 2-го детства — 2–3,4–4,3; подросткового возраста — 1,8–3,2–4,9; юношеского возраста — 2,1–3–4,9. Менее всего выявлены колебания эндоморфного компонента; значения мезоморфного компонента уменьшаются с увеличением возраста: в 6 лет этот показатель составляет 3,7 балла, а к 17 годам — уже 3,0 балла; эктоморфный компонент имеет самые большие колебания — от 3,1 до 5,5 балла.

На примере боксеров можно сопоставить сомато-профили спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами. По данным Э. Г. Мартиросова [9], взрослые спортсмены, специализирующиеся в спортивных единоборствах, вне зависимости от вида спорта принадлежат к эндо-мезоморфному соматотипу (дзюдо — 3,3–6,8–1,1; самбо — 2,5–6,6–1,2; вольная борьба — 2,7–6,5–1,0; классическая борьба — 3,0–6,4–1,0; бокс — 2,4–5,5–1,7). При этом у дзюдоистов наиболее выражены компоненты MESO и ENDO и менее всего — компонент ЕСТО, напротив того, что у боксеров по сравнению со всеми остальными спортсменами-борцами компоненты MESO и ENDO выражены слабее, а компонент ЕСТО — сильнее. При этом разница баллов компонента ЕСТО составляет всего 0,7 балла и сам компонент выражен очень слабо (от 1,0 до 1,7 балла), т. к. наибольший вес в соматоформуле имеют компоненты MESO и ENDO.

Данные Э. Г. Мартиросова [9] несопоставимы с результатами исследования М. М. Семенова и соавт. [15], где показано, что борцы вольного стиля, как женщины, так и мужчины, принадлежащие к весовым категориям (ВК) 48, 53 и 69 кг, относятся к мезо-эндоморфам с наиболее развитым компонентом ENDO, а принадлежащие к ВК 58, 63, и 75 кг — к эндо-мезоморфам. Также данные [9] несопоставимы с данными Д. Д. Сафаровой и соавт. [20] где преобладающим соматотипом женщин-дзюдоисток (4,0–4,9–3,0) и женщин, занимающихся боксом (3,3–4,8–2,8) является эндо-мезоморфный, с хорошо выраженным компонентом ENDO.

Данные Мартиросова Э. Г. сопоставимы с результатами некоторых исследований [24, 32] где показано,

что мужчины-боксеры в зависимости от весовой категории (ВК) являются представителями разных соматотипологических профилей — ВК 52 кг: 2,3–5,1–3,2; ВК 57 кг: 2,4–5,3–2,9; ВК 63 кг: 2,4–5,3–2,8; ВК 69 кг: 2,8–5,7–2,3; ВК 75 кг: 3,0–5,6–2,1; ВК 81 кг: 3,2–5,5–2,1; ВК 91 кг: 3,4–5,8–1,6; ВК 91+ кг: 4,0–6,1–1,1. У представителей всех ВК ярко выражен мезоморфный компонент, при этом с увеличением ВК вес в соматоформуле эндоморфного компонента увеличивается, а вес эктоморфного компонента уменьшается.

Различия, полученные в балльных соматотипологических формулах между исследованиями Э. Г. Мартиросова и исследованиями последних лет можно объяснить тем, что Э. Г. Мартиросовым [9] были обследованы спортсмены высшего класса — представители сборных команд страны, а исследования последних лет выполнялись не только на представителях взрослых сборных команд, но и на представителях юношеских сборных команд и учащихся детско-юношеских спортивных школ, а также и тем, что результаты соматотипирования Э. Г. Мартиросова [9] были получены на основании расчетных формул, а исследования последних лет были выполнены с помощью как с расчета по формулам, так и аппаратной методики определения соматотипа [7].

#### 4. Выводы

Многочисленные исследования убедительно свидетельствуют, что спортсмены, отличающиеся друг от друга по своим морфологическим и функциональным особенностям, по-разному адаптируются к различным экстремальным условиям соревновательной деятельности, и именно поэтому знание об индивидуальном соматотипе спортсмена так важно. Анализ данных более ранних и более поздних публикаций выявил, что для различных групп и видов спорта характерны определенные закономерности. Представители соматотипов с ярко выраженным мезоморфным компонентом характеризуются выраженными показателями морфологической маскулинизации. Принадлежность спортсменов к мезоморфному типу телосложения для определенных видов и групп спорта является одним из условий достижения высоких спортивных результатов. Женщины-спортсменки, специализирующиеся в борьбе, по своим функциональным возможностям должны соответствовать «мужскому типу», для того чтобы выдерживать субмаксимальные силовые физические нагрузки. Поэтому в видах спорта, где требуется сила и выносливость, проводят жесткий отбор маскулиненных женщин, которых внутренняя мотивация их мужского «я» ведет в спорт. Предпочтение отдается спортсменкам с эндо-мезоморфным соматотипом. Для игровых видов спорта предпочтительными являются эндо-мезоморфный и экто-мезоморфный соматотипы.

Обследование больших контингентов высококвалифицированных спортсменов различной специализации

позволит на современном уровне скорректировать «эталонные» стандарты физического развития спортсменов и сформировать «эталонные соматотипы», актуальные на сегодня.

Следует также отметить, что, не имея возможности сравнения всех видов спорта через года, можно говорить лишь о динамике компонентов соматотипа для некоторых видов спорта, причем разнонаправленной тенденции.

#### Вклад автора:

**Выборная Ксения Валерьевна** — анализ литературных источников по теме обзора, написание текста статьи, редактирование.

### Список литературы

1. **Дорохов Р.Н., Губа В.П.** Спортивная морфология. Москва: СпортАкадемПресс; 2002.
2. **Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Бурляева Е.А., Алексеева Н.Т., Погонченкова И.В., Рассулова М.А., и др.** Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике: методические рекомендации. Москва: Спорт; 2018.
3. **Олейник Е.А.** Особенности телосложения спортсменок, занимающихся спортивными танцами. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013;(5(99)):104–107. <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2013.05.99.p104-107>
4. **Жданович В.Н., Пикруза Н.Э.** Морфофункциональные показатели гребцов: критерии отбора (обзор литературы). Проблемы здоровья и экологии. 2012;(3(33)):18–22. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2012-9-3-4>
5. **Мартirosов Э.Г.** Морфологический статус человека в экстремальных условиях спортивной деятельности. В: Итоги науки и техники: Антропология. Т. 1. Москва; 1985, с. 100–153.
6. **Carter J.E.L.** The heath-carter anthropometric somatotype-instruction manual [internet]. San Diego; 2002. Available at: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3603/s1?version=1617154701>
7. **Колесников В.А., Руднев С.Г., Николаев Д.В., Анисимова А.В., Година Е.З.** О новом протоколе оценки соматотипа по схеме Хит — Картера в программном обеспечении биоимпедансного анализатора состава тела. Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2016;(4):4–13.
8. **Корягина Ю.В., Матук С.В.** Морфологические особенности спортсменов как результат адаптации к занятиям разными силовыми видами спорта. Омский научный вестник. 2010;(4(89)):140–142.
9. **Мартirosов Э. Г.** Методы исследования в спортивной антропологии. Москва: Физкультура и спорт; 1982.
10. **Мартirosов Э.Г., и др.** Соматотип высококвалифицированных спортсменов: обзор. информ. Москва: ЦООНТИ-Фис; 1986.
11. **Мартirosов Э.Г., Руднев С.Г., Николаев Д.В.** Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. Москва: Физическая культура; 2009.
12. **Сафарова Д.Д., Алиева К.К., Серебряков В.В.** Об особенностях компонентного состав массы тела у спортсменок, специализирующихся в спортивных единоборствах. Наука и спорт: современные тенденции. 2017;15(2):34–38.
13. **Латоша А.И., Половникова М.Г.** Определение соматотипа по методу Хит — Картера у спортсменок, занимающихся комплексными единоборствами. В: Тезисы докладов XLVI

### 5. Заключение

Динамика соматотипа в спортивной практике — это закономерная изменчивость балльных значений компонентов соматотипа и их соотношения в зависимости от вида спорта, пола, целей тренировки, возраста, весовой категории. Баллы компонентов соматотипа отражают развитие жирового, мышечного и костного компонентов тела и претерпевают изменения в течении всей тренировочной и соревновательной жизни спортсменов.

#### Authors' contributions:

**Ksenia V. Vybornaya** — analysis of literary sources on the topic of the review, text writing, editing.

### References

1. **Dorohov R.N., Guba V.P.** Sports morphology. Moscow: SportAkademPress Publ.; 2002 (In Russ.).
2. **Tutel'yan V.A., Nikityuk D.B., Burlyayeva E.A., Alekseeva N.T., Pogonchenkova I.V., Rassulova M.A., et al.** Using the method of complex anthropometry in sports and clinical practice: guidelines. Moscow: Sport Publ.; 2018 (In Russ.).
3. **Oleynik E.A.** Features of a body constitution of the female athletes engaged in sports dance. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2013;(5(99)):104–107 (In Russ.). <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2013.05.99.p104-107>
4. **Zhdanovich V.N., Pikuza N.E.** Morphofunctional Features of Rowers: Selection Criteria (literature review). Problemy zdorov'ya i ekologii = Health and Ecology Issues. 2012;(3):18–22 (In Russ.). <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2012-9-3-4>
5. **Martirosov E.G.** Morphological status of a person in extreme conditions of sports activity. In: Results of science and technology: Anthropology. Vol. 1. Moscow; 1985, c. 100–153 (In Russ.).
6. **Carter J.E.L.** The heath-carter anthropometric somatotype-instruction manual [internet]. San Diego; 2002. Available at: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3603/s1?version=1617154701>
7. **Kolesnikov V.A., Rudnev S.G., Nikolaev D.V., Anisimova A.V., Godina E.Z.** On a new protocol of the Heath — Carter somatotype assessment using software for body composition bioimpedance analyzer. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria XXIII. Antropologia = Moscow University Anthropology Bulletin. 2016;(4):4–13 (In Russ.).
8. **Koryagina Yu.V., Matuk S.V.** Morphological characteristics of athletes as a result of adaptation to different strength sports. Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin. 2010;(4(89)):140–142 (In Russ.).
9. **Martirosov E.G.** Research methods in sports anthropology. Moscow: Fizkul'tura i sport Publ.; 1982 (in Russ.).
10. **Martirosov E.G., et al.** The Somatotype of Highly Skilled Athletes: A Review. inform. Moscow: TsOONTI-Fis; 1986 (In Russ.).
11. **Martirosov E.G., Rudnev S.G., Nikolaev D.V.** Application of Anthropological Methods in Sports, Sports Medicine and Fitness. Moscow: Fizicheskaya kul'tura Publ.; 2009 (In Russ.).
12. **Safarova D.D., Aliyeva K.K., Serebryakov V.V.** Relations of Hemodynamic Parameters With the Manifestation of Physical Performance for Judoka Athletes. Nauka i sport: sovremennye tendentsii = Science and sport: current trends. 2017;15(2):34–38 (in Russ.).
13. **Latosha A.I., Polovnikova M.G.** Determination of the somatotype according to the Heath — Carter method in athletes involved in complex wrestling. In: Abstracts of the XLVI scientific



научной конференции студентов и молодых ученых вузов Южного федерального округа: материалы конференции. Ч. 1. Краснодар: КГУФКСТ; 2019, с. 58.

14. **Дьякова Ю.О., Калинина И.Н., Половникова М.Г., Зуб М.А.** Определение соматотипа по методу Хит — Картера у детей младшего школьного возраста, занимающихся каратэ киокушинкай. В: Сборник материалов тезисов XIV Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2019». Москва: Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов; 2019, с. 76–77.

15. **Семенов М.М., Мартиросова К.Э., Мартиросов Э.Г.** Соматотип женщин-борцов высокой квалификации различных весовых категорий в аспекте полового диморфизма. Вестник Московского университета. Серия XXIII Антропология. 2016;(4):92–100.

16. **Борщ М.К., Пфейфер Д.С.** Доминирующие соматотипы и компонентный состав массы тела высококвалифицированных борцов различных весовых категорий. Прикладная спортивная наука. 2016;(2):59–64.

17. **Олейник Е.А., Алтын А.Д.** Соматотипологические и эндокринологические особенности спортсменов, занимающихся борьбой и боксом. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, 2013;(2(96)):116–120.

18. **Мусаева У.А., Таджиева Н.Н., Мурадова М.Ш.** Соматотипологические особенности гребцов высокой квалификации. В: Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам. Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма. Казань; 2014, с. 76–77.

19. **Нененко Н.Д., Кучин Р.В., Брютов Д.С.** Антропометрические и соматометрические особенности девушек-спортсменок ХМАО-Югры. Вестник Югорского государственного университета. 2016;12(1):195–197. <https://doi.org/10.17816/byusu2016121195-197>

20. **Сафарова Д.Д., Ядгаров Б.Ж., Исмаилова М.Ш.** Сравнительная характеристика морфологических показателей телосложения бегунов, в зависимости от дистанционной специализации. Наука и спорт: современные тенденции. 2015;8(3):39–46.

21. **Олейник Е.А.** Соматический статус и дерматоглифическая конституция у спортсменок, занимающихся аэробикой. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013;(4(98)):109–113. <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2013.04.98.p109-113>

22. **Александрянец Г.Д., Абушкевич В.В., Тлехас Д.Б., Филенко А.М., Ананьев И.Н., Гричанова Т.Г.** Морфологические характеристики квалифицированных футболистов различных амплуа. Спортивная морфология. Москва: Советский спорт; 2005.

23. **Выборная К.В., Семенов М.М., Захарова М.Ф., Раджабканиев Р.М., Никитюк Д.Б.** Особенности физического развития девочек и девушек, специализирующихся в художественной гимнастике. Человек. Спорт. Медицина. 2021;21(3):14–22.

24. **Выборная К.В., Семенов М.М., Лавриненко С.В., Раджабканиев Р.М.** Динамика компонентов соматотипа спортсменок в зависимости от возраста и спортивной специализации. В: Подготовка спортивного резерва. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием по спортивной науке. Москва: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта; 2020, с. 83–86.

conference of students and young scientists of universities of the Southern Federal District: conference materials. Part 1. Krasnodar: KGUFKST; 2019: p. 58 (In Russ.).

14. **Dyakova Yu.O., Kalinina I.N., Polovnikova M.G., Zub M.A.** Determination of the somatotype according to the Heath — Carter method in children of primary school age involved in Kyokushin karate. In: Collection of abstracts of the XIV International Scientific Conference on the state and prospects for the development of medicine in the sport of high achievements "Sport-Med-2019". Moscow: Russian Association for Sports Medicine and Rehabilitation of the Sick and Disabled; 2019, p. 76–77 (In Russ.).

15. **Semenov M.M., Martirosova K.E., Martirosov E.G.** Somatotype of Highly Skilled Female Wrestlers From Different Weight Categories in Light of Sexual Dimorphism. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria XXIII. Antropologia = Moscow University Anthropology Bulletin. 2016;(4):92–100 (In Russ.).

16. **Borsch M.K., Pfeifer D.S.** Dominant Somatotypes and Component Composition of Body Weight of High-Qualified Wrestlers in Different Weight Categories. Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied sports science]. 2016;(2):59–64 (In Russ.).

17. **Oleinik E.A., Altyn A.D.** Somatotypological and endocrinological features of athletes involved in wrestling and boxing. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta, 2013;(2(96)):116–120 (In Russ.).

18. **Musaeva U.A., Tadzhieva N.N., Muradova M.Sh.** Somatotypological features of highly qualified rowers. In: Physiological and biochemical bases and pedagogical technologies of adaptation to different physical loads. Materials of the II International scientific-practical conference dedicated to the 40th anniversary of the Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism. Kazan; 2014, p. 76–77 (In Russ.).

19. **Nenenko N.D., Kuchin R.V., Bryutov D.S.** Anthropometric and somatometric characteristics of girls athletes Khanty-Ugra. Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta = Yugra State University Bulletin. 2016;1(40):195–197 (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/byusu2016121195-197>

20. **Safarova D.D., Yadgarov B.Zh., Ismailova M.Sh.** Comparative characteristics of the morphological indicators of the physique of runners, depending on the distance specialization. Nauka i sport: sovremennye tendencii = Science and sport: current trends. 2015;8(3):39–46 (In Russ.).

21. **Oleinik E.A.** Somatic status and dermatoglyphic constitution in female sport aerobics athletes. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2013;(4(98)):109–113 (In Russ.). <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2013.04.98.p109-113>

22. **Aleksanyants G.D., Abushkevich V.V., Tlekhass D.B., Filenko A.M., Ananiev I.N., Grichanova T.G.** Morphological characteristics of qualified football players of various roles. Sports morphology. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2005 (In Russ.).

23. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Zakharova M.F., Radzhabkadiyev R.M., Nikityuk D.B.** Features of Physical Development in Girls and Teenagers in Rhythmic Gymnastics. Chelovek. Sport. Medicina = Human. Sport. Medicine. 2021;21(3):14–22 (In Russ.).

24. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Lavrinenko S.V., Radzhabkadiyev R.M.** The dynamics of the components of the somatotype of athletes depending on age and sports specialization. In: Preparation of a sports reserve. Materials of the IV All-Russian scientific-practical conference with international participation in sports science. Moscow: Moscow Sport's Technologies Center; 2020, p. 83–86 (In Russ.).

25. **Выборная К.В., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Раджабкადиев Р.М., Барышев М.А., Соколов А.И., Никитюк Д.Б.** Комплексная оценка физического развития фигуристов центильным методом. *Морфология*. 2019;155(2):69.

26. **Выборная К.В., Раджабкადиев Р.М.** Комплексная оценка физического развития и пищевого статуса спортсменов, занимающихся сложно-координационными видами спорта. В: *Лечебная физическая культура и спортивная медицина: достижения и перспективы развития: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию кафедры спортивной медицины, Москва, 22–23 мая 2019 года*. Москва: Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК); 2019, с. 169–175.

27. **Выборная К.В.** Сравнение соматотипологических характеристик спортсменов, занимающихся фигурным катанием на коньках в дисциплинах «парное катание» и «танцы на льду». *Тиббиёт ва спорт*. 2021;(3):167.

28. **Выборная К.В., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Раджабкადиев Р.М., Соколов А.И., Семенов М.М., и др.** Особенности физического развития спортсменов игровых видов спорта. В: *Актуальные вопросы медико-биологического сопровождения хореографии и спорта: Материалы V международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 08–10 апреля 2019 года*. Санкт-Петербург: Академия русского балета им. А.Я. Вагановой; 2019, с. 93–107.

29. **Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкადиев Р.М., Лавриненко С.В.** Соматотипологическая характеристика футболистов различных игровых амплуа. В: *Здоровье нации и усовершенствование физкультурно-спортивного образования. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Харьков; 2021, с. 33.

30. **Выборная К.В., Раджабкადиев Р.М., Семенов М.М., Соколов А.И.** Состав тела и тип телосложения футболистов — сравнение результатов антропометрии и биоимпедансометрии. В: *Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма: материалы XV Международной научно-практической конференции*. Уфа: УГАТУ; 2021, с. 135.

31. **Выборная К.В., Тимонин А.Н., Раджабкადиев Р.М., Семенов М.М., Никитюк Д.Б.** Комплексная соматотипологическая характеристика футболистов различных игровых амплуа — сравнение двух методов регистрации. *Вестник спортивной науки*. 2021;(4):37–42.

32. **Выборная К.В.** Распространенность соматотипов в популяции, и ее связь с физической активностью. Тенденции развития науки и образования. 2021;78(3):83–88. <https://doi.org/10.18411/trnio-10-2021-104>

33. **Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкადиев Р.М., Иванова Т.С., Никитюк Д.Б.** Изменения в соматотипологическом профиле и в соотношении компонентов соматотипа при специфической физической нагрузке в триатлоне. В: *Актуальные вопросы спортивной, возрастной и экспериментальной морфологии: материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного врача России, доктора медицинских наук, профессора Василия Гавриловича Петрухина*. Малakhovka: Московская государственная академия физической культуры; 2021, с. 57–63.

34. **Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкადиев Р.М., Никитюк Д.Б.** Результаты комплексной оценки состава тела и соматотипологического профиля триатлетов — юни-

25. **Vybornaya K.V., Kobelkova I.V., Lavrinenko S.V., Radzhabkadiyev R.M., Baryshev M.A., Sokolov A.I., Nikityuk D.B.** Comprehensive assessment of the physical development of figure skaters using the centile method. *Morfologiya = Morphology*. 2019;155(2):69 (In Russ.).

26. **Vybornaya K.V., Radzhabkadiyev R.M.** Comprehensive assessment of the physical development and nutritional status of athletes involved in complex coordination sports. In: *Therapeutic physical culture and sports medicine: achievements and development prospects. Proceedings of the VIII All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Department of Sports Medicine*. Moscow: Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism; 2019, p. 169–175 (In Russ.).

27. **Vybornaya K.V.** Comparison of somatotypological characteristics of athletes involved in figure skating in the disciplines "pair skating" and "dancing on ice". *Tibbiyot va sport = Medicine and Sport*. 2021;(3):167 (In Russ.).

28. **Vybornaya K.V., Kobelkova I.V., Lavrinenko S.V., Radzhabkadiyev R.M., Sokolov A.I., Semenov M.M., et al.** Features of the physical development of athletes in team sports. In: *Actual Issues of Medical and Biological Support of Choreography and Sports. Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference*. St. Petersburg: Vaganova Ballet Academy; 2019, p. 93–107 (In Russ.).

29. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Radzhabkadiyev R.M., Lavrinenko S.V.** Somatotypological characteristics of football players of various playing roles. In: *Health of the nation and improvement of physical culture and sports education. Materials of the II International scientific-practical conference*. Kharkiv; 2021, p. 33 (In Russ.).

30. **Vybornaya K.V., Radzhabkadiyev R.M., Semenov M.M., Sokolov A.I.** Body composition and body type of football players — comparison of the results of anthropometry and bioimpedancemetry. In: *Actual problems of physical culture, sports and tourism. Materials of the XV International scientific and practical conference*. Ufa: USATU; 2021; p. 135 (In Russ.).

31. **Vybornaya K.V., Timonin A.N., Radzhabkadiyev R.M., Semenov M.M., Nikityuk D.B.** Complex somatotypological characteristics of football players of different playing roles-comparison of two registration methods. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports Science Bulletin*. 2021;(4):37–42 (In Russ.).

32. **Vybornaya K.V.** The prevalence of somatotypes in the population, and its relationship with physical activity. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education]*. 2021;78(3):83–88 (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/trnio-10-2021-104>

33. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Radzhabkadiyev R.M., Ivanova T.S., Nikityuk D.B.** Changes in the somatotypological profile and in the ratio of somatotype components during specific physical activity in triathlon. In: *Topical issues of sports, age and experimental morphology: materials of the VI All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of the Honored Doctor of Russia, Doctor of Medical Sciences, Professor Vasily Gavrilovich Petrukhin*. Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Education; 2021, p. 57–63 (In Russ.).

34. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Radzhabkadiyev R.M., Nikityuk D.B.** Results of a comprehensive assessment of body composition and somatotypological profile of junior triathletes. *Medit-*

оров. Медицина труда и экология человека. 2021;(3):153–167.

35. **Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкдиев Р.М., Мавлиев Ф.А., Набатов А.А., Мингазова Д.В., и др.** Модельные характеристики состава тела высококвалифицированных спортсменов, занимающихся гребным спортом (историческая справка). В: Олимпийский спорт и спорт для всех. Материалы XXVI Международного научного конгресса. Казань: Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма; 2021, с. 353–456.

36. **Коростелева М.М., Кобелькова И.В., Раджабкдиев Р.М., Соколов А.И., Семенов М.М., Выборная К.В. и др.** Результаты изучения некоторых антропометрических характеристик, фактического питания, пищевого статуса и суточных энергозатрат спортсменов сборной по академической гребле. Наука и спорт: современные тенденции. 2021;9(2):22–32. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-3-22-32>

**Информация об авторе:**

**Выборная Ксения Валерьевна**, научный сотрудник лаборатории антропонутириологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Россия, 115446, г. Москва, Каширское шоссе, д. 21. ORCID: <https://0000-0002-4010-6315> ([dombim@mail.ru](mailto:dombim@mail.ru))

**Information about the author:**

**Ksenia V. Vybornaya**, researcher of the Laboratory of Anthroponutrition and Sports Nutrition of the Federal Researcher Centre of Nutrition and Biotechnology, 21, Kashirskoye highway, Moscow, 115446, Russia. ORCID: <https://0000-0002-4010-6315> ([dombim@mail.ru](mailto:dombim@mail.ru))

sina truda i ekologiya cheloveka = Occupational medicine and human ecology. 2021;(3):153–167 (In Russ.).

35. **Vybornaya K.V., Semenov M.M., Radzhabkadiyev R.M., Mavliev F.A., Nabatov A.A., Mingazova D.V., et al.** Model characteristics of the body composition of highly qualified rowing athletes (historical background). In: Olympic Sport and Sport for All. Proceedings of the XXVI International Scientific Congress. Kazan: Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism; 2021, p. 353–456 (in Russ.).

36. **Korosteleva M.M., Kobelkova I.V., Radzhabkadiyev R.M., Sokolov A.I., Semenov M.M., Vybornaya K.V., et al.** The results of the study of some anthropometric characteristics, actual nutrition, nutritional status and daily energy consumption of athletes of the rowing team. Nauka i sport: sovremennye tendencii = Science and sport: current trends. 2021;9(3):22–32 (In Russ.). <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-3-22-32>

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.1>

УДК: 612.014.4+612.825.56

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Значимость дыхательных упражнений в восстановлении обоняния в постковидный период

*В.Н. Николенко, М.В. Санькова\*, М.В. Цоллер, М.В. Оганесян, В.Г. Зилов,  
Д.А. Гаркави, А.Е. Стрижков*

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

### РЕЗЮМЕ

Одним из патогномичных признаков COVID-19, имеющих место у 85–98% пациентов, является обонятельная дисфункция, развивающаяся в отсутствие выраженных признаков воспаления и отека слизистой носовой полости. Перспективным направлением медицины, способствующим восстановлению микроциркуляции, повышению оксигенации крови, улучшению метаболизма и регенерации клеток обонятельного эпителия, является методика дыхательных упражнений Нади Шодхана.

**Цель исследования:** оценить возможности применения техники пранаямы как метода восстановительного лечения обоняния в постковидном периоде.

**Материалы и методы:** обследовано 79 лиц в возрасте от 22 до 68 лет с нарушениями обоняния, возникшими при COVID-19 и сохраняющимися в постковидный период. В качестве восстановительного лечения расстройств обоняния пациентам основной группы был предложен курс дыхательных упражнений Нади Шодхана, представляющий собой попеременное ноздревое дыхание. Дыхательный тренинг состоял из трех таких циклов, выполняемых трижды в день в одно и то же время в течение 15 дней. Возможность применения техники пранаямы оценивалась по данным визуально-аналоговой шкалы. Контрольную группу составили 74 пациента с нарушениями обоняния после COVID-19, сопоставимые по полу и возрасту с основной группой.

**Результаты:** расстройства обоняния характерны для пациентов, перенесших COVID-19. Использование курса дыхательных упражнений Нади Шодхана позволяет существенно снизить уровень обонятельной дисфункции у этой категории пациентов. Доказано, что техника пранаямы более эффективна у лиц младше 40 лет. Установлено, что восстановление обоняния в значительной степени зависит от продолжительности периода нарушения функции.

**Заключение:** полученные результаты исследования позволяют рекомендовать использование дыхательных упражнений у пациентов, перенесших COVID-19, для восстановления обоняния в постковидном периоде.

**Ключевые слова:** COVID-19, обонятельная дисфункция, дыхательные упражнения, микроциркуляция, техника пранаямы, показатель восстановления

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

**Для цитирования:** Николенко В.Н., Санькова М.В., Цоллер М.В., Оганесян М.В., Зилов В.Г., Гаркави Д.А., Стрижков А.Е. Значимость дыхательных упражнений в восстановлении обоняния в постковидный период. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):30–36. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.1>

**Поступила в редакцию:** 21.05.2022

**Принята к публикации:** 25.08.2022

**Online first:** 29.08.2022

**Опубликована:** 30.12.2022

\* Автор, ответственный за переписку



## The respiratory exercise significance in the olfaction restoration in the postcovid period

Vladimir N. Nikolenko, Maria V. Sankova\*, Marina V. Zoller, Marine V. Oganessian, Vadim G. Zilov, Dmitry A. Garkavy, Alexey E. Strizhkov

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

### ABSTRACT

One of the pathognomonic COVID-19 signs, occurring in 85-98% of patients, is olfactory dysfunction, developing in the absence of pronounced inflammation and edema of the nasal mucosa. A promising medicine direction that helps restore microcirculation, increase blood oxygenation, improve metabolism and regenerate olfactory epithelial cells is the Nadi Shodhana breathing exercise technique.

**Objective:** To assess the possibilities of using the pranayama technique as a method of restorative olfactory treatment in the post-covid period.

**Materials and methods:** 79 persons aged 22 to 68 years with olfactory disturbances occurring at COVID-19 and persisting in the post-covid period were examined. As a restorative treatment for olfactory disorders, the patients of the main group were offered a course of Nadi Shodhana breathing exercises, which is an alternate nostril breathing. Breathing training consisted of three such cycles performed three times a day at the same time for 15 days. The possibility of using the pranayama technique was assessed according to the visual analog scale. The control group consisted of 74 patients with olfactory disorders after COVID-19 comparable in sex and age with the main group.

**Results:** Olfactory disorders are characteristic of post-COVID patients. Using Nadi Shodhana breathing exercise course can significantly reduce the olfactory dysfunction level in this patient category. It was shown that the pranayama technique is more effective in people under 40 years of age. It was also established that the olfaction restoration largely depends on the duration of the dysfunction period.

**Conclusion:** The study results make it possible to recommend the using breathing exercises in patients underwent COVID-19 to restore olfaction in the post-COVID period.

**Keywords:** COVID-19, olfactory dysfunction, breathing exercises, microcirculation, pranayama technique, recovery indicator

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

**For citation:** Nikolenko V.N., Sankova M.V., Zoller M.V., Oganessian M.V., Zilov V.G., Garkavy D.A., Strizhkov A.E. The respiratory exercise significance in the olfaction restoration in the postcovid period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):30-36. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.1>

**Received:** 21 May 2022

**Accepted:** 25 August 2022

**Online first:** 29 August 2022

**Published:** 30 December 2022

\* Corresponding author

### 1. Введение

В настоящее время новая коронавирусная инфекция, вызванная SARS-CoV-2, продолжает оставаться серьезной проблемой общественного здравоохранения [1], решение которой включает постоянный поиск не только оптимального лечения самого заболевания, но и возможностей реабилитации пациентов в постковидном периоде [2, 3]. В отличие от других эпидемических вирусных заболеваний (грипп, парагрипп, аденовирусная инфекция и т.п.), восстановление после которых возможно в течение 5–7 дней, после COVID-19 отмечается длительное сохранение патологических симптомов после выздоровления независимо от тяжести заболевания [4]. Обобщение данных многочисленных отечественных и зарубежных исследований показало, что одним из патогномоничных признаков этой патологии, имеющих место у 85–98% пациентов, является обонятельная дисфункция, развивающаяся в отсутствие выраженных признаков воспаления и отека слизистой носовой полости [5–7]. Изучение патогенетических механизмов развития нарушения обоняния, ассоциированного с COVID-19, позволило установить, что SARS-CoV-2 повреждает створчатые и опорные клетки обонятельного нейроэпителия,

экспрессирующие рецепторы ангиотензинпревращающего фермента II типа, утрата которых сопровождается подавлением рецепторной чувствительности [8]. Другим молекулярно-клеточным фактором хемосенсорных расстройств является вовлечение в патологический процесс гликопротеина — нейропилина-1, располагающегося как на нейронах головного мозга, в том числе и обонятельного тракта [9], так и на эндотелиальных клетках капилляров, вызывающего их повреждение, воспаление сосудистой стенки, застой кровотока и образование микротромбов [10]. Немаловажную роль при этом играет возникающая при COVID-19 и длительно сохраняющаяся гипоксия, обусловленная резким снижением скорости диффузии газов в легких и уменьшением альвеолярного газообмена [11]. Одним из перспективных направлений медицины, которое способствует восстановлению микроциркуляции, повышению оксигенации крови, улучшению метаболизма и регенерации клеток обонятельного эпителия, является методика дыхательных упражнений Нади Шодхана [12]. Поэтому целью нашего исследования явилась оценка возможности применения техники пранаямы как метода восстановительного лечения обоняния в постковидном периоде.



## 2. Материалы и методы

В период с ноября 2020 по март 2022 года на базах Сеченовского университета комплексное клинично-инструментальное обследование прошли 79 лиц с нарушениями обоняния, возникшими при COVID-19 и сохраняющимися в постковидный период. Возраст обследованных основной группы колебался от 22 до 68 лет, составляя в среднем  $40,26 \pm 7,63$  лет, в соответствие с чем были сформированы две возрастные группы. Продолжительность периода нарушения обоняния у пациентов в среднем составляла  $110,2 \pm 47,2$  дня.

Комплекс диагностических мероприятий включал в себя субъективную оценку хемосенсорной дисфункции с помощью визуально-аналоговой шкалы (рис. 1), с помощью которой пациент отмечал уровень своего обоняния до и после применения дыхательного тренинга [13].

В качестве восстановительного лечения расстройств обоняния пациентам основной группы был предложен курс дыхательных упражнений Нади Шодхана, представляющий собой попеременное ноздревое диафрагмальное дыхание, при котором указательный и средний пальцы пациента размещались в области межбровного промежутка. При этом большой палец находился на правой ноздре, а безымянный — на левой. На первом этапе длинный вдох осуществлялся через правую ноздрию при закрытой левой, выдох — через левую ноздрию при закрытой правой. Далее длинный вдох проводился через левую, а выдох — через правую ноздрию [14]. Дыхательный тренинг состоял из трех таких циклов, выполняемых трижды в день в одно и то же время в течение 15 дней.

Контрольную группу составили 74 пациента с нарушениями обоняния после COVID-19, сопоставимые по полу и возрасту с основной группой, не проходящие курс дыхательных упражнений Нади Шодхана. Исследование отвечало требованиям этических норм Хельсинкской декларации и Директивам Европейского сообщества (8/609 EC). Статистический анализ полученных результатов осуществлялся с помощью программы Microsoft Excel 2010, в которой рассчитывались средние

значения ( $M$ ) всех показателей и их средние квадратичные отклонения ( $m$ ). Достоверность различий количественных показателей определялась по  $t$ -критерию Стьюдента, качественных значений — по критерию Фишера. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## 3. Результаты исследования и их обсуждение

У всех обследуемых лиц с нарушением обоняния (100%) как основной, так и контрольной групп была выявлена легкая форма течения COVID-19, которая диагностировалась в соответствии с тем, что температура тела во время заболевания не превышала  $38,0$  °C, частота дыхания была меньше 22 движений в минуту. Всех пациентов (100%) во время заболевания беспокоил малопродуктивный кашель, одышка, слабость и повышенная утомляемость. С-реактивный белок не превышал 10 мг/л, показатели сатурации либо не снижались ниже 95%, либо контролировались применением оксигенотерапии и прон-позиции. Данные компьютерной томографии соответствовали 0–1-й степени, при которой воспалительные изменения в легких не затрагивали более 25% всей ее паренхимы.

На момент исследования, в среднем через  $110,2 \pm 47,2$  дня после выписки, у каждого пятого пациента (19,6%) оставались слабость и повышенная утомляемость, каждого шестого обследованного (16,6%) беспокоил сохраняющийся кашель. 7,5% респондентов предъявляли жалобы на одышку при физической нагрузке, 6,3% — на головную боль, 5,1% — на подъемы температуры в вечернее время. У всех пациентов имели место нарушения обоняния различной степени выраженности. Данные субъективной оценки нарушения обоняния согласно визуально-аналоговой шкале в баллах до и после прохождения курса дыхательных упражнений Нади Шодхана представлены в таблице 1.

Из представленных в таблице 1 данных видно, что после COVID-19 у пациентов основной группы спустя  $110,2 \pm 7,2$  дня после выписки уровень нарушения обоняния колебался от 2 и до 10 баллов, составляя в среднем  $6,74 \pm 0,21$ , что достоверно не отличалось от соответствующего значения контрольной группы и соответствовало выраженной степени обонятельной дисфункции. При этом отсутствовала разница расстройств обоняния в левой и правой ноздрях, что свидетельствует о системном патологическом воздействии коронавирусной инфекции и подтверждается данными литературы [15, 16].

В результате проведенного курса дыхательных упражнений у всех пациентов основной группы была отмечена положительная динамика. Достоверное снижение уровня нарушения обоняния по визуально-аналоговой шкале отмечалось у 87,52% пациентов, что обуславливало существенное снижение показателя обонятельной дисфункции по общей группе, в то время как в контрольной группе его значение оставалось неизменным (табл. 1).



Рис. 1. Визуально-аналоговая шкала оценки функции обоняния в баллах

Fig. 1. Visual-analogue scale for evaluating the smell function in points

Таблица 1

Субъективная оценка нарушения обоняния пациентами, перенесшими COVID-19, в постковидном периоде до и после прохождения курса дыхательных упражнений Нади Шодхана в баллах

Table 1

Subjective evaluation of olfactory impairment in post-COVID-19 patients before and after Nadi Shodhana breathing exercises in points

Группа исследования Study group	Участвующие в исследовании ноздри Involved nostrils	До лечения Before the treatment, $M \pm n$	После лечения After the treatment, $M \pm n$
Основная Main	Правая/Right	6,71 ± 0,24	4,27 ± 0,22*
	Левая/Left	6,77 ± 0,23	4,33 ± 0,24*
	Обе/Both	6,74 ± 0,21	4,31 ± 0,19*
Контрольная Control	Правая/Right	6,45 ± 0,21	6,36 ± 0,25
	Левая/Left	6,43 ± 0,24	6,33 ± 0,23
	Обе/Both	6,44 ± 0,23	6,34 ± 0,24

Примечание: \* — различия достоверны,  $p < 0,05$ .  
Note: \* — the differences are significant,  $p < 0,05$ .

Таблица 2

Эффективность восстановления обоняния у пациентов, перенесших COVID-19, после курса дыхательных упражнений Нади Шодхана

Table 2

The smell recovery effectiveness in patients underwent COVID-19 after course of Nadi Shodhana breathing exercises

Группа исследования Study group	Эффективность лечения Treatment effectiveness, $M \pm n$
Возраст 22–40 лет / Age 22–40 years	93,67 ± 5,7 %*
Возраст 41–68 лет / Age 41–68 years	79,75 ± 4,3 %
Длительность обонятельной дисфункции до трех месяцев / Olfactory dysfunction duration up to three months	91,39 ± 5,2 %*
Длительность обонятельной дисфункции более трех месяцев / Olfactory dysfunction duration for more than three months	77,22 ± 6,4 %

Примечание: \* — различия между соответствующими группами достоверны,  $p < 0,05$ .  
Note: \* — the differences between the corresponding groups are significant,  $p < 0,05$ .

Применение специальной техники попеременного ноздрового дыхания стимулирует обонятельный эпителий воздушной струей, влияет на основные параметры кровообращения (артериальное давление, частоту сердечных сокращений) и тонус сосудов. Диафрагмальное дыхание способствует венозному возврату крови и обеспечивает восстановление кровотока в мелких капиллярах. Прикрытие носа рукой дает возможность вдыхать обратно часть углекислого газа, который вызывает расширение капиллярных, артериальных и венозных сосудов, снижая таким образом их тонус. Регулярное выполнение дыхательных упражнений приводит к восстановлению нарушенной микроциркуляции, улучшению оксигенации крови и восстановлению обонятельного эпителия и его функции [12, 14].

Сравнительный анализ эффективности техники праваямы как метода восстановительного лечения обоняния в зависимости от возраста пациентов

и продолжительности периода нарушения обоняния представлен в таблице 2.

Согласно представленным в таблице 2 данным, курс дыхательных упражнений для восстановления обоняния после COVID-19 был более эффективен в группе пациентов младше 40 лет. Это в первую очередь обусловлено тем, что с возрастом в сосудистой стенке нарастают деструктивные изменения, происходит инкрустация солей кальция, образование холестериновых бляшек и склерозирование внутренней оболочки. Возрастные изменения сосудов усугубляются патологическим воздействием SARS-CoV-2, для которого нарушение целостности эндотелия становится ключевым моментом в разладе регуляции гемостазом, микроциркуляции, тонуса сосудов, трансцеллюлярной диффузии и артериального давления [16]. Показано, что коррекция обонятельного дисбаланса зависит также от продолжительности периода

нарушения обоняния. Чем дольше отсутствовало обоняние у человека, тем хуже оно восстанавливалось.

При динамическом наблюдении продолжение регулярного выполнения дыхательных упражнений сопровождалось полным восстановлением обоняния.

#### 4. Выводы

Расстройства обоняния характерны для пациентов, перенесших COVID-19. Использование курса дыхательных упражнений Нади Шодхана позволяет существенно

#### Вклад авторов:

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

**Санькова Мария Вячеславовна** — обработка материала, написание текста статьи.

**Цоллер Марина Викторовна** — сбор материала.

**Оганесян Марине Валиковна** — редактирование финальной версии статьи.

**Зилов Вадим Георгиевич** — утверждение финальной версии статьи.

**Гаркави Дмитрий Андреевич** — утверждение финальной версии статьи.

**Стрижков Алексей Евгеньевич** — редактирование финальной версии статьи.

снизить уровень обонятельной дисфункции у этой категории пациентов. Доказано, что техника пранаямы более эффективна у лиц младше 40 лет. Установлено, что восстановление обоняния в значительной степени зависит от продолжительности периода нарушения функции. Полученные результаты исследования позволяют рекомендовать использование дыхательных упражнений у пациентов, перенесших COVID-19, для восстановления обоняния в постковидном периоде.

#### Authors' contributions:

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

**Maria V. Sankova** — material processing, writing the article text.

**Marina V. Zoller** — collection and processing of material.

**Marine V. Oganesyanyan** — final article version editing.

**Vadim G. Zilov** — approval of final article version.

**Dmitry A. Garkavy** — approval of final article version.

**Alexey E. Strizhkov** — final article version editing.

#### Список литературы

1. Janik E., Ceremuga M., Niemcewicz M., Bijak M. Dangerous Pathogens as a Potential Problem for Public Health. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(11):591. <https://doi.org/10.3390/medicina56110591>
2. Demeco A., Marotta N., Barletta M., Pino I., Marino C., Petraroli A., Moggio L., Ammendolia A. Rehabilitation of patients post-COVID-19 infection: a literature review. *J. Int. Med. Res.* 2020;48(8):300060520948382. <https://doi.org/10.1177/0300060520948382>
3. Sukocheva O.A., Maksoud R., Staines D.R., Marshall-Gradisnik S., Beeraka N.M., Madhunapantula S.V., et al. Analysis of post COVID-19 condition and its overlap with myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome. *J. Adv. Res.* 2022;40:179–196. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.11.013>
4. Трисветова Е.Л. Пост-COVID-19 синдром: клинические признаки, реабилитация. *Кардиология в Беларуси*. 2021;13(2):268–279. <https://doi.org/10.34883/PI.2021.13.2.011>
5. Moein S.T., Hashemian S.M., Mansourafshar B., Khorram-Tousi A., Tabarsi P., Doty R.L. Smell dysfunction: a biomarker for COVID-19. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2020;10(8):944–950. <https://doi.org/10.1002/alar.22587>
6. Карапетыян Л.С., Свистушкин В.М. Обонятельная дисфункция и COVID-19 – текущее состояние проблемы. *Вестник оториноларингологии*. 2020;85(6):100–104. <https://doi.org/10.17116/otorino202085061100>
7. Khani E., Khiali S., Beheshtirouy S., Entezari-Maleki T. Potential pharmacologic treatments for COVID-19 smell and taste loss: A comprehensive review. *Eur. J. Pharmacol.* 2021;912:174582. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2021.174582>

#### References

1. Janik E., Ceremuga M., Niemcewicz M., Bijak M. Dangerous Pathogens as a Potential Problem for Public Health. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(11):591. <https://doi.org/10.3390/medicina56110591>
2. Demeco A., Marotta N., Barletta M., Pino I., Marino C., Petraroli A., Moggio L., Ammendolia A. Rehabilitation of patients post-COVID-19 infection: a literature review. *J. Int. Med. Res.* 2020;48(8):300060520948382. <https://doi.org/10.1177/0300060520948382>
3. Sukocheva O.A., Maksoud R., Staines D.R., Marshall-Gradisnik S., Beeraka N.M., Madhunapantula S.V., et al. Analysis of post COVID-19 condition and its overlap with myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome. *J. Adv. Res.* 2022;40:179–196. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.11.013>
4. Trisvetova E.L. Post-COVID-19 syndrome: clinical signs, rehabilitation. *Kardiologiya v Belarusi = Cardiology in Belarus*. 2021;13(2):268–279 (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/PI.2021.13.2.011>
5. Moein S.T., Hashemian S.M., Mansourafshar B., Khorram-Tousi A., Tabarsi P., Doty R.L. Smell dysfunction: a biomarker for COVID-19. *Int. Forum Allergy Rhinol.* 2020;10(8):944–950. <https://doi.org/10.1002/alar.22587>
6. Karapetyan L.S., Svistushkin V.M. Olfactory dysfunction and COVID-19 - the current state of the problem. *Vestnik otorinolaringologii*. 2020;85(6):100–104 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino202085061100>
7. Khani E., Khiali S., Beheshtirouy S., Entezari-Maleki T. Potential pharmacologic treatments for COVID-19 smell and taste loss: A comprehensive review. *Eur. J. Pharmacol.* 2021;912:174582. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2021.174582>

8. Brann D.H., Tsukahara T., Weinreb C., Lipovsek M., Van den Berge K., Gong B., et al. Non-neuronal expression of SARS-CoV-2 entry genes in the olfactory system suggests mechanisms underlying COVID-19-associated anosmia. *Sci. Adv.* 2020;6(31):eabc5801. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc5801>

9. Малец Е.Л., Сиваков А.П., Аленикова О.А., Пашкевич С.Г., Малец В.Л. Нарушения обоняния и вкусовой чувствительности, ассоциированные с COVID-19. *Оториноларингология. Восточная Европа.* 2020;10(4):360–370. <https://doi.org/10.34883/PI.2020.10.4.051>

10. Østergaard L. SARS CoV-2 related microvascular damage and symptoms during and after COVID-19: Consequences of capillary transit-time changes, tissue hypoxia and inflammation. *Physiol. Rep.* 2021;9(3):e14726. <https://doi.org/10.14814/phy2.14726>

11. Бигдай Е.В., Самойлов В.О. Обонятельная дисфункция как индикатор ранней стадии заболевания COVID-19. *Интегративная физиология.* 2020;1(3):187–195. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2020-1-3-187-195>

12. Nivethitha L., Mooventhan A., Manjunath N.K. Effects of Various Prāṇāyāma on Cardiovascular and Autonomic Variables. *Anc. Sci. Life.* 2016;36(2):72–77. [https://doi.org/10.4103/asl.ASL\\_178\\_16](https://doi.org/10.4103/asl.ASL_178_16)

13. Морозова С.В., Кеда Л.А. Рациональный подход к терапии острого риносинусита в сочетании с дисосмией. *Медицинский совет.* 2020;(6):7–13. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-6-7-13>

14. Айенгар Б.К.С. Йога Дипика: прояснение йоги. Москва: Альпина нон-фикшн; 2020.

15. Светлицкая О.И., Кожанова И.Н., Гавриленко Л.Н., Давидовская Е.И., Бич Т.А., Неровня А.М. и др. Особенности патогенетической терапии инфекции COVID-19. Системное воздействие. *Здравоохранение (Минск).* 2020;(7):5–15.

16. Гомазков О.А. Поражение сосудистого эндотелия как ведущий механизм системной патологии COVID-19. *Успехи современной биологии.* 2021;141(2):118–127. <https://doi.org/10.31857/S0042132421020058>

8. Brann D.H., Tsukahara T., Weinreb C., Lipovsek M., Van den Berge K., Gong B., et al. Non-neuronal expression of SARS-CoV-2 entry genes in the olfactory system suggests mechanisms underlying COVID-19-associated anosmia. *Sci. Adv.* 2020;6(31):eabc5801. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc5801>

9. Malets E.L., Sivakov A.P., Alenikova O.A., Pashkevich S.G., Malets V.L. Smell and taste disorders associated with COVID-19. *Otorinolaringologiya. Vostochnaya Evropa = Otorhinolaryngology. Eastern Europe.* 2020;10(4):360–370 (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/PI.2020.10.4.051>

10. Østergaard L. SARS CoV-2 related microvascular damage and symptoms during and after COVID-19: Consequences of capillary transit-time changes, tissue hypoxia and inflammation. *Physiol. Rep.* 2021;9(3):e14726. <https://doi.org/10.14814/phy2.14726>

11. Bigday E.V., Samoilov V.O. Olfactory dysfunction as an indicator of the early coronavirus infection. *Integrativnaya fiziologiya=Integrative physiology.* 2020;1(3):187–195 (In Russ.). <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2020-1-3-187-195>

12. Nivethitha L., Mooventhan A., Manjunath N.K. Effects of Various Prāṇāyāma on Cardiovascular and Autonomic Variables. *Anc. Sci. Life.* 2016;36(2):72–77. [https://doi.org/10.4103/asl.ASL\\_178\\_16](https://doi.org/10.4103/asl.ASL_178_16)

13. Morozova S.V., Keda L.A. Rational approach to the treatment of acute rhinosinusitis in comorbidities with dysosmia. *Meditinskiy sovet = Medical Council.* 2020;(6):7–13 (In Russ.). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-6-7-13>

14. Iyengar B.K.S. Deepika Yoga: Yoga clarification. Moscow: Alpina non-fikshn ; 2020 (In Russ.).

15. Svetlitskaya O.I., Kozhanova I.N., Gavrilenko L.N., Davidovskaya E.I., Bich T.A., Nerovnya A.M., et al. Aspects of pathogenetic COVID-19 infection therapy. *Systemic exposure]. Zdravoohranenie = Healthcare.* 2020; (7):5–15 (In Russ.).

16. Gomazkov O.A. Vascular endothelial damage as a leading mechanism of COVID-19 systemic pathology. *Uspekhi sovremennoi biologii.* 2021;141(2):118–127 (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0042132421020058>

#### Информация об авторах:

**Николенко Владимир Николаевич**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957> (vn.nikolenko@yandex.ru)

**Санькова Мария Вячеславовна\***, студентка 4-го курса Международной школы «Медицина будущего», ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3164-9737> (cankov@yandex.ru)

**Цоллер Марина Викторовна**, студентка 1-го курса Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-1450> (marina@zoller.su)

**Оганесян Марине Валиковна**, к.м.н., доцент кафедры анатомии человека, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6432-5179> (marine-oganesyan@mail.ru)

**Зилов Вадим Георгиевич**, академик РАН, д.м.н., профессор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3908-6801> (zilov\_v\_g@staff.sechenov.ru)

**Гаркави Дмитрий Андреевич**, к.м.н., заведующий отделением амбулаторной реабилитации, доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, врач — травматолог-ортопед, врач физической и реабилитационной медицины ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Россия, 119991, Москва, ул. Труubeцкая, 8, стр. 2. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0096-8690> (drgarkavi@gmail.com)

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

**Information about the authors:**

**Vladimir N. Nikolenko**, D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Human Anatomy of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-9957> (vn.nikolenko@yandex.ru)

**Maria V. Sankova\***, 4th year student of the International School “Medicine of the Future” of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3164-9737> (cankov@yandex.ru)

**Marina V. Zoller**, 1st year student of the Institute of Clinical Medicine named after N.V. Sklifosovsky of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-1450> (marina@zoller.su)

**Marine V. Oganesyan**, Ph.D. (Medicine), Associate Professor at the Department of Human Anatomy of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6432-5179> (marine-oganesyan@mail.ru)

**Vadim G. Zilov**, Academician of the RAS, D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3908-6801> (zilov\_v\_g@staff.sechenov.ru)

**Dmitry A. Garkavy**, Ph.D. (Medicine), Head of the Department of Outpatient Rehabilitation, Associate Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, Traumatologist-Orthopedist, Doctor of Physical and Rehabilitation Medicine of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0096-8690> (drgarkavi@gmail.com)

**Alexey E. Strizhkov**, Ph.D. (Medicine), Associate Professor at the Department of Human Anatomy of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0730-347X> (strizhkov@inbox.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author





## Особенности взаимосвязи реакции на движущийся объект с концентрациями биогенных аминов и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников высокого класса

А.С. Крючков<sup>1</sup>, А.М. Федосеев<sup>1</sup>, С.С. Миссина<sup>2</sup>, Г.А. Дудко<sup>2,\*</sup>, Е.Б. Мякинченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** выявление взаимосвязей реакции на движущийся объект с функциональным состоянием центральной нервной системы и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников.

**Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 9 элитных горнолыжников. Оценку показателей зрительно-моторной координации осуществляли с помощью компьютерного комплекса для психофизиологического тестирования «НС-Психотест» (Нейрософт, Россия). Регистрацию кинематико-динамических параметров сложно-координационного движения выполняли на тензометрической платформе MuscleLab Force Plate (Ergotest Innovation A. S., Норвегия) при прыжке вверх с места. Количественный анализ гормонов — адреналина, норадреналина и нейромедиаторов — дофамина, серотонина в образцах крови испытуемых выполняли на сверхбыстром жидкостном хромато-масс-спектрометре с тройным квадруполом LCMS-8060 (Shimadzu, Япония).

**Результаты:** зафиксирована достоверная отрицательная взаимосвязь между максимальной мощностью двигательных усилий в прыжке вверх с места, средним временем реакции и количеством отрицательных реакций, зафиксированных в тесте по оценке времени реакции на движущийся объект. Установлена достоверная положительная взаимосвязь между процессами возбуждения, мощностью и временем прыжка. Повышение концентраций норадреналина и серотонина положительно связаны с числом точных реакций, а уровень дофамина имеет положительную корреляцию с амплитудой прыжка.

**Заключение:** преобладание в центральной нервной системе процессов возбуждения над торможением положительно влияет на сокращение времени, затрачиваемого горнолыжниками на производство прыжка вверх с места и повышение максимальной мощности движения. У спортсменов зафиксирована следующая зависимость: чем выше скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время эксцентрической фазы и общее время, затрачиваемое на выполнение прыжка вверх с места.

**Ключевые слова:** реакция на движущийся объект, биогенные амины, центральная нервная система, горные лыжи, сложно-координационные движения

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК» № 777-00026-22-00 (№ 001-22/3, № 001-22/5).

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

**Для цитирования:** Крючков А.С., Федосеев А.М., Миссина С.С., Дудко Г.А., Мякинченко Е.Б. Особенности взаимосвязи реакции на движущийся объект с концентрациями биогенных аминов и кинематико-динамическими параметрами сложно-координационного движения у горнолыжников высокого класса. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):37–42. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.3>

Поступила в редакцию: 07.04.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Online first: 30.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\* Автор, ответственный за переписку

# The relationship between reaction to a moving object with concentrations of biogenic amines and kynematic-dynamic parameters of complex coordination movement in elite alpine skiers

Andrei S. Kryuchkov<sup>1</sup>, Aleksandr M. Fedoseev<sup>1</sup>, Svetlana S. Missina<sup>2</sup>, Grigorii A. Dudko<sup>2,\*</sup>, Evgenii B. Myakinchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Center for Sports Training of Russian National Teams, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**Aim of the study:** to identify mutual interaction between the reaction to a moving object with functional state of the central nervous system and kinematic-dynamic parameters of complex coordination movement.

**Materials and methods:** 9 elite alpine skiers were participated in this study. Visual-motor coordination variables were assessed by computer complex for psychophysiological testing NS-Psychotest (Neurosoft, Russia). Dynamic parameters of complex coordination movement during counter movement jump were registered on the MuscleLab Force Plate (Ergotest Innovation A.S., Norway). Quantitation of hormones — adrenaline and noradrenaline as well as neurotransmitters — dopamine and serotonin in blood samples was performed using ultra-high performance liquid chromatograph combined with triple quadrupole mass analyzer LCMS-8060 (Shimadzu, Japan).

**Results:** a significant negative relationship between the maximum output of motor efforts during counter movement jump, mean reaction time and the number of negative reactions recorded within visual-motor coordination testing was documented. A reliable positive relationship between excitation processes, jump power and jump time was established. Increases in noradrenaline and serotonin concentrations are positively associated with the number of accurate reactions, whereas dopamine level was positively correlated with jump altitude.

**Conclusion:** the predominance of excitation over inhibition processes in the central nervous system had a positive effect on reducing the time spent on counter moving and increasing the maximum power of movement. As applied to alpine skiers we registered the following relationship: the higher the speeds of signal perception and muscle activation when solving a visual-motor task, the higher the power of working efforts, the shorter the time of the eccentric phase and total time spent on performing counter movement jump.

**Keywords:** visual-motor coordination, biogenic amines, central nervous system, alpine skiing, complex coordination movements

**Acknowledgments:** the study was carried out within the framework of the state task of the Federal science center of physical culture and sport No. 777-00026-22-00 (No. 001-22/3, No. 001-22/5).

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

**For citation:** Kryuchkov A.S., Fedoseev A.M., Missina S.S., Dudko G.A., Myakinchenko E.B. The relationship between reaction to a moving object with concentrations of biogenic amines and kynematic-dynamic parameters of complex coordination movement in elite alpine skiers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):37–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.3>

**Received:** 7 April 2022

**Accepted:** 13 October 2022

**Online first:** 30 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\* Corresponding author

## 1. Введение

Горные лыжи относятся к скоростным, сложнокоординационным видам спорта, в которых результативность выполнения соревновательного упражнения в значительной степени определяется точностью и быстротой восприятия и переработки ориентирующей сенсорной информации в постоянно меняющихся внешних условиях. Зрительная система программирует и координирует наши движения на основе визуальных восприятий, вестибулярная — ответственна за поддержание равновесия, а результатом взаимосвязи между этими двумя системами является стабилизация взгляда во время движения. Благодаря рецепторной информации от двигательного анализатора обеспечивается восприятие положения и движения суставов. Проприоцептивная информация о взаиморасположении суставов, а также амплитуде и траектории перемещения костных рычагов позволяет

нервной системе согласовывать и интерпретировать данные от зрительной и вестибулярной систем, интегрируя их в единый механизм управления движением. В результате достигается должный уровень кинестетической осознанности движения, обеспечивающий устойчивость рабочей позы и снимающий нервные ограничения с иннервации скелетных мышц в ситуациях, когда требуется проявить высокую мощность. Лимит времени на переработку сенсорной информации в центральной нервной системе (ЦНС) требует соответствующей скорости реагирования нервно-мышечного аппарата спортсменов на моторные команды, посылаемые мозгом [1, 2]. В связи с этим применение теста по оценке времени реакции на движущийся объект (РДО), отражающего функциональное состояние ЦНС и координацию возбuditельно-тормозных процессов в двигательной системе мозга, может являться информативным инструментом для оценки текущей готовности

горнолыжников к выполнению сложнокоординационных упражнений с требуемыми параметрами динамики и кинематики. Кроме того, концентрации биогенных аминов в крови спортсменов, косвенно указывающих на соотношение процессов возбуждения и торможения в ЦНС, могут быть связаны с пространственно-временными и динамическими параметрами скоростного движения — прыжка вверх с места.

## 2. Материалы и методы

Исследование было одобрено этическим комитетом ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК». В обследовании, проводимом на базе ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», г. Москва, в период с 2021 по 2022 г., приняли участие 9 горнолыжников (5 женщин и 4 мужчин), подписавших информированное согласие на участие в обследовании. Всего за сезон 2021–2022 гг. было зафиксировано 19 индивидуальных результатов тестирования.

Для оценки зрительно-моторной координации применялся тест РДО, входивший в комплект методик компьютерного комплекса для проведения психофизиологических и психологических тестов с регистрацией вегетативных и эмоциональных реакций «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия). Тестирование спортсменов проводилось в отдельном кабинете в отсутствие отвлекающих факторов. Специалист, проводивший тестирование, объяснял испытуемому методику предлагаемого теста, которая заключалась в следующем. На экране монитора, расположенного перед спортсменом, был изображен круг, в котором отмечены два радиуса — красного и зеленого цветов, меняющие положение от предъявления к предъявлению. От радиуса красного цвета по направлению к зеленому с постоянной скоростью сектор круга окрашивался заливкой темно-зеленого цвета, направление движения заливки по часовой или против часовой стрелки изменялось от предъявления к предъявлению. Испытуемому предлагалось нажать на кнопку зрительно-моторного анализатора в тот момент, когда заливка достигнет радиуса зеленого цвета. При этом значение имела не столько быстрота реагирования, сколько своевременность ответа на зрительный сигнал. Количество предъявлений движущегося объекта составляло 50.

Диагностика пространственно-временных и динамических параметров сложно-координационного движения осуществлялась на основе результатов выполнения прыжка вверх с места с применением тензометрической платформы MuscleLab Force Plate Model 2 (Ergotest Innovation A. S., Норвегия). До начала контрольных прыжков тестируемый выполнял несколько пробных попыток без платформы, самостоятельно регулируя глубину предварительного подседа и угол в коленном суставе, который должен был составлять не менее 90°. Испытуемый располагался по центру платформы, принимая исходное положение тела: ноги на ширине плеч, голова прямо, руки за спиной или на поясе. Спортсмену предлагалось выполнить 5 прыжков.

Текущее функциональное состояние ЦНС испытуемых оценивалось по результатам количественного определения биогенных аминов: нейромедиаторов (дофамин, серотонин) и гормонов (норадреналин, адреналин) в крови на сверхбыстром жидкостном хромато-масс-спектрометре с тройным квадруполом и внешним источником электрораспылительной ионизации с нагреваемым потоком при атмосферном давлении LCMS-8060 (Shimadzu, Япония).

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием пакета IBM Statistica для Windows, версия 10.0 (StatSoft, Inc, США). Статистическая значимость принята на уровне  $p < 0,05$ .

## 3. Результаты и обсуждение

Для участия в исследовании выбраны горнолыжники высокого класса, движения которых отличаются повышенной координационной сложностью в работе мышц нижних конечностей. У спортсменов (см. табл. 1) выявлена достоверная отрицательная взаимосвязь между максимальной мощностью двигательных усилий в прыжке вверх с места, средним временем реакции и количеством отрицательных реакций. Среднее время РДО зависит от подвижности (смена возбуждения/торможения) и лабильности (скорость проведения возбуждения) нервных процессов и отражает скорость восприятия и переработки поступающей информации. Соответственно чем выше у горнолыжника скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время фазы подседа и общее время, затрачиваемое на производство прыжка вверх с места.

Установлена положительная корреляция между максимальной мощностью, временем фазы подседа и временем выполнения прыжкового движения с количеством отрицательных двигательных реакций, отражающим преобладание возбуждательных процессов в ЦНС и указывающим на значимость процесса возбуждения в отношении временных и мощностных параметров многосуставного движения, выполняемого горнолыжниками. У них выявлена положительная взаимосвязь между глубиной подседа в прыжке и числом точных РДО, отражающая процент успешных преобразований визуальной и пространственно-временной информации в двигательную программу реализации зрительно-моторных задач (см. табл. 1). Учитывая, что глубина подседа в прыжковом тесте регулируется спортсменом произвольно, а сложность управления увеличивается с ростом амплитуды движения, то горнолыжник, обладающий на основе пространственно-временного предвидения более надежным программированием, может позволить себе задать движение с большей амплитудой.

Рассматривая взаимосвязь гормонов с параметрами РДО, следует отметить, что среди определяемых в крови спортсменов биогенных аминов только норадреналин имел корреляционные зависимости с двигательными

реакциями (см. табл. 1). Установлено, что чем выше концентрация норадреналина, тем ниже вероятность возникновения ошибок в пространственно-временном предсказании движения (энтропия) и выше качество программирования и реализации движений, требующих точности восприятия и переработки пространственной и временной информации из внешней среды (число точных реакций). Кроме этого, норадреналин положительно связан с двигательными реакциями, отражающими преобладание процессов возбуждения над торможением в ЦНС (процент отрицательных реакций).

Примечательно, что наиболее выраженная положительная корреляционная связь обнаружена между норадреналином и средним временем РДО (см. табл. 2). Если учесть, что норадреналин обеспечивает более синхронное выделение квантов ацетилхолина в область синаптического контакта мышечной клетки, усиливая мощность мышечного сокращения [3, с. 14], то время моторного ответа в тестовом задании должно было сокращаться. Полученные нами данные этого не подтверждают, что требует дополнительных исследований выявленных фактов.

Таблица 1

**Взаимосвязь параметров прыжка вверх с места, зрительно-моторной координации с концентрациями маркеров активации ЦНС у горнолыжников**

Table 1

**Correlation between the counter movement jump, visuomotor coordination and concentrations of CNS activation markers in alpine skiers**

Коррелируемые параметры		Параметры зрительно-моторной координации				
		Среднее время реакции (мс)	Энтропия	Количество точных реакций (%)	Количество отрицательных реакций (%)	Количество положительных реакций (%)
Кинематико-динамические параметры	Максимальная мощность (Вт)	-0,47*	-0,09	-0,03	0,47	-0,47*
	Время прыжка (с)	-0,43*	0,02	0,08	0,51	-0,5*
	Время подседа (с)	-0,52*	0,11	-0,04	0,58	-0,56*
	Время отталкивания (с)	0,01	-0,25	0,40	0,11	-0,10
	Ускорение в фазе подседа (м/с)	0,20	-0,19	0,07	-0,16	0,15
	Коэффициент реактивности (у.е)	-0,31	0,12	-0,42	0,22	-0,23
	Глубина подседа (см)	0,03	-0,16	0,44*	0,06	-0,05
	Высота прыжка (см)	-0,34	-0,16	0,10	0,32	-0,32
Концентрации нейромедиаторов и гормонов	Относительная мощность (Вт/кг)	-0,35	-0,27	-0,09	0,37	-0,37
	Дофамин (пг/мл)	0,08	-0,30	0,27	0,14	-0,16
	Серотонин (нг/мл)	0,22	-0,53	0,47*	0,12	-0,13
	Адреналин (пг/мл)	0,36	-0,13	0,17	-0,36	0,32
	Норадреналин (пг/мл)	0,70	-0,49*	0,58*	-0,55*	0,52*
	Дофамин (пг/мл)	0,08	-0,30	0,27	0,14	-0,16

Примечание: \* — достоверные корреляционные связи между параметрами (при 5 % ошибке, где  $k = -0,43$ ;  $n = 19$ ).

Note: \* — significant correlations between parameters (relative error 5 %, where  $k = -0,43$ ;  $n = 19$ ).

Таблица 2

**Взаимосвязь концентраций биогенных аминов с параметрами выполнения горнолыжниками прыжка вверх с места**

Table 2

**Correlation of biogenic amines concentrations with the parameters of the counter movement jump in alpine skiers**

Коррелируемые параметры	Максимальная мощность (Вт)	Время прыжка (с)	Время подседа (с)	Время отталкивания (с)	Ускорение в фазе подседа (м/с)	Коэффициент реактивности (у.е)	Глубина подседа (см)	Высота прыжка (см)	Относительная мощность (Вт/кг)
Адреналин (пг/мл)	0,03	-0,45*	-0,54*	0,03	0,28	-0,11	-0,03	-0,04	0,05
Норадреналин (пг/мл)	-0,35	-0,24	-0,42	0,41	0,28	-0,51*	0,45*	-0,03	-0,29
Дофамин (пг/мл)	0,31	0,01	-0,08	0,27	0,30	-0,14	0,5*	0,6*	0,42
Серотонин (нг/мл)	0,01	0,06	-0,13	0,56*	0,05	-0,36	0,56*	0,28	0,01

Примечание: \* — достоверные корреляционные связи между параметрами (при 5 % ошибке, где  $k = -0,43$ ;  $n = 19$ ).

Note: \* — significant correlations between parameters (relative error 5 %, where  $k = -0,43$ ;  $n = 19$ ).



Установлено, что уровень серотонина положительно связан с числом точных двигательных реакций. Вероятно, это связано с тем, что он снижает порог возбудимости мотонейронов спинного мозга и повышает точность моторного ответа в РДО [4]. Уровень адреналина в крови горнолыжников тесно связан отрицательной связью со временем подседа и общим временем прыжка (см. табл. 2). Адреналин активирует работу натрий-калиевых транспортеров в мембране мышечных клеток, обеспечивая восстановление возбудимости клеточных мембран и регулируя таким образом силу и скорость мышечного сокращения, а соответственно и время, затрачиваемое на производство двигательного усилия [5, 6].

Выявленная взаимосвязь между уровнем норадреналина, коэффициентом реактивности — способностью спортсмена с высокой скоростью наращивать усилие и глубиной подседа — требует дальнейшего изучения. Норадреналин является гормоном, усиливающим генерацию потенциала действия и сокращение мышечных волокон, особенно в состоянии утомления. Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что чем выше концентрация норадреналина, тем более низкое положение общего центра массы тела занимают горнолыжники в подготовительной фазе прыжка. Увеличение амплитуды подседа приводит к увеличению величины внешнего крутящего момента, что может требовать больше времени для производства усилия и проявляться в отрицательной связи с коэффициентом реактивности. С повышением уровня норадреналина горнолыжники меняют технику прыжка в направлении увеличения амплитуды подготовительной фазы движения, что отрицательно влияет на скорость достижения пика усилия в результирующей фазе, но создает условия для проявления большей силы.

Установлено, что уровень дофамина в крови горнолыжников положительно связан с амплитудой подготовительной фазы прыжка и высотой выпрыгивания (см. табл. 2). Действуя через базальные ядра, дофамин усиливает инициацию желаемых движений и ингибирует альтернативные действия и менее подходящие моторные программы, а также через мозжечок формирует правильную последовательность мышечных сокращений. Учитывая, что прыжок вверх с места представляет собой многосуставное движение с высокими требованиями к нервно-мышечной координации, вполне закономерно, что дофамин проявляет взаимосвязь как с повышенной амплитудой (техникой), так

и с высотой выпрыгивания, то есть с эффективностью выполнения данного движения.

Серотонин как нейромедиатор двигательной системы ствола мозга в малых количествах обеспечивает повышение возбудимости  $\alpha$ -мотонейронов, а через влияние на клетки Пуркинье мозжечка повышает координацию скелетных мышц. В то же время повышенное высвобождение серотонина из ствола мозга ингибирует активность  $\alpha$ -мотонейронов, а также вызывает торможение высших отделов ЦНС [7, с. 14]. Исходя из этого можно предположить, что увеличение амплитуды подседа означает повышение требований к координации и уровню мышечных усилий и моноамин, по всей видимости, может быть тесно связан с этими требованиями. При этом серотонин оказывает воздействие на систему управления движением не изолированно, а в определенных соотношениях с дофамином, что требует дальнейшего изучения влияния серотонина на двигательные функции горнолыжников высокого класса.

#### 4. Выводы

У горнолыжников зафиксирована следующая зависимость: чем выше скорости восприятия сигнала и активации мышц при решении зрительно-моторной задачи, тем выше мощность рабочих усилий, короче время эксцентрической фазы и общее время, затрачиваемое на выполнение прыжка вверх с места. Преобладание в ЦНС процессов возбуждения над торможением у горнолыжников положительно влияет на сокращение времени, затрачиваемого на производство прыжка вверх с места и повышение максимальной мощности движения.

Повышенные концентрации норадреналина в крови спортсменов имеют отрицательную связь с вероятностью возникновения ошибок в пространственно-временном предсказании движения и положительно связаны с качеством программирования и реализации движений, требующих точности восприятия и переработки пространственно-временной информации из внешней среды.

Концентрация серотонина в крови испытуемых положительно связана с числом точных РДО, что отражает умение спортсменов своевременно принимать правильные решения и точно реализовывать моторную программу. Концентрация дофамина у горнолыжников положительно связана с амплитудой движения и высотой прыжка вверх с места, что, вероятно, отражает влияние данного нейромедиатора на межзвенную координацию и эффективность выполнения многосуставного движения.

#### Вклад авторов:

**Крючков Андрей Сергеевич** — концепция и дизайн исследования, написание текста.

**Федосеев Александр Михайлович** — сбор и обработка данных.

**Мисина Светлана Сергеевна** — статистический анализ результатов.

**Дудко Григорий Алексеевич** — редактирование текста.

**Мякинченко Евгений Борисович** — утверждение окончательного варианта статьи.

#### Author's contribution:

**Andrei S. Kryuchkov** — study concept and design, writing.

**Aleksandr M. Fedoseev** — data collection and processing.

**Svetlana S. Missina** — statistical processing of the results.

**Grigorii A. Dudko** — text editing.

**Evgenii B. Myakinchenko** — approve the final version of article.

## Список литературы

## References

1. Muller E., Schwameder H. Biomechanical aspects of new techniques in alpine skiing and ski-jumping. *J. Sports Sci.* 2003;21(9):679–692. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140284>
2. Alhammoud M., Hansen C., Meyer F., Hautier C., Morel B. On-field ski kinematic according to leg and discipline in elite alpine skiers. *Front. Sports Act. Living.* 2020;2:56. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00056>
3. Bukcharaeva E.A., Kim K.C., Moravec J., Nikolsky E.E., Vyskocil F. Noradrenaline synchronizes evoked quantal release at frog neuromuscular junctions. *J. Physiol.* 1999;517(3):879–888. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.0879s.x>
4. Wei K., Glaser J.I., Deng L., Thompson C.K., Stevenson I.H., Wang Q., et al. Serotonin affects movement gain control in the spinal cord. *J. Neurosci.* 2014;34(38):12690–12700. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1855-14.2014>
5. French D.N., Kraemer W.J., Volek J.S., Spiering B.A., Judelson D.A., Hoffman J.R., Maresh C.M. Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production. *J. Appl. Physiol.* 2007;102(1):94–102. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00586.2006>
6. Tank A.W., Wong D.L. Peripheral and central effects of circulating catecholamines. *Compr. Physiol.* 2015;5(1):1Ц15. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140007>
7. Kavanagh J.J., McFarland A.J., Taylor J.L. Enhanced availability of serotonin increases activation of unfatigued muscle but exacerbates central fatigue during prolonged sustained contractions. *J. Physiol.* 2019;597(1):319–332. <https://doi.org/10.1113/JP277148>

## Информация об авторах:

**Крючков Андрей Сергеевич**, к.п.н., заместитель начальника аналитического управления, ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 18/8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9423-8092> (kruchkova\_an@mail.ru)

**Федосеев Александр Михайлович**, к.п.н., начальник отдела аналитического управления, ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 18/8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2006-8550> (fed.csp@ya.ru)

**Мисина Светлана Сергеевна**, младший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-5914> (missina.s.s@vniifk.ru)

**Дудко Григорий Алексеевич\***, старший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283> (dudko.g.a@vniifk.ru)

**Мякинченко Евгений Борисович**, д.п.н., ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки, ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Россия, 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1184-9694> (miakinchenko.e.b@vniifk.ru)

## Information about the authors:

**Andrei S. Kryuchkov**, Ph.D. (Pedagogy), Deputy Head of the Analytical Office, Center for Sports Training of Russian National Teams, 18/8, Kazakova str., Moscow, 105064, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9423-8092> (kruchkova\_an@mail.ru)

**Aleksandr M. Fedoseev**, Ph.D. (Pedagogy), Head of the Analytical Management Department, Center for Sports Training of Russian National Teams, 18/8, Kazakova str., Moscow, 105064, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2006-8550> (fed.csp@ya.ru)

**Svetlana S. Missina**, Junior Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-5914> (missina.s.s@vniifk.ru)

**Grigori A. Dudko\***, Senior Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1064-3283> (dudko.g.a@vniifk.ru)

**Evgenii B. Myakinchenko**, Dr.Sc. (Pedagogy), Leading Researcher Laboratory of Sports Performance, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, 10/1, Elizavetinsky lane, Moscow, 105005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1184-9694> (miakinchenko.e.b@vniifk.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Взаимосвязь интенсивности накопления пульсового долга со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности

А.В. Козлов<sup>1,2,\*</sup>, А.Н. Блеер<sup>2</sup>, С.П. Левушкин<sup>2,3</sup>, В.Д. Сонькин<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>ГКУ города Москвы «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд»  
Департамента спорта города Москвы, Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи  
и туризма», Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** поиск взаимосвязей интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД) со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности.

**Методы:** 14 спортсменов-велосипедистов (1-й спортивный разряд,  $20 \pm 3$  года, МПК —  $52,9 \pm 5,10$  мл/кг/мин), выполняли в разные дни серию велоэргометрических упражнений предельной мощности при фиксированной продолжительности 10, 30, 60, 120, 360 и 1800 с. По пульсовым суммам пятиминутного восстановления (за вычетом предстартового уровня ЧСС) и времени упражнения рассчитана ИНПД для всех упражнений у каждого испытуемого. Были также рассчитаны скорость накопления концентрации лактата в крови (СНКЛ) и скорость образования кислородного запроса (СОКЗ).

**Результаты:** СОКЗ, СНКЛ и ИНПД имеют тесную нелинейную взаимосвязь со временем выполнения упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,84$ ,  $r^2 = 0,91$ ,  $r^2 = 0,96$ , при  $p < 0,05$ ), а также с относительной мощностью упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,86$ ,  $r^2 = 0,90$ , при  $p < 0,05$ ). ИНПД имеет тесную взаимосвязь со СОКЗ и СНКЛ (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,94$ , при  $p < 0,05$ ).

**Выводы:** Результаты исследования позволяют использовать пульсометрический показатель ИНПД для достаточно надежного определения интенсивности упражнения и для прогноза уровня накопления лактата, и на этой основе — определения направленности упражнения и нормирования тренировочной нагрузки.

**Ключевые слова:** интенсивность накопления пульсового долга, скорость образования кислородного запроса, скорость накопления концентрации лактата, предельные циклические нагрузки, спортсмены

**Благодарности:** Авторы выражают благодарность к. ф.-м. н. Голову А. В. за помощь в статистическом анализе полученных данных.

**Финансирование:** Работа выполнена как исследовательский проект, поддержанный Научно-методическим советом ЦСТиСК Москомспорта. Работа также частично поддержана тематическим планом НИР РГУФКСМиТ на 2019–2020 гг. (Раздел 03.00.12).

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

**Для цитирования:** Козлов А.В., Блеер А.Н., Левушкин С.П., Сонькин В.Д. Взаимосвязь интенсивности накопления пульсового долга со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):43–50. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.2>

Поступила в редакцию: 20.06.2022

Принята к публикации: 12.11.2022

Online first: 30.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\* Автор, ответственный за переписку

# Correlation between the intensity of pulse longevity accumulation and the rate of oxygen demand formation and blood lactate accumulation in performing limiting cyclic exercises of different duration

Andrey V. Kozlov<sup>1,2,\*</sup>, Alexander N. Bleer<sup>2</sup>, Sergey P. Levushkin<sup>2,3</sup>, Valentin D. Sonkin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Center for sports innovative technologies and training of national teams of the Moscow Department of sports, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia

The purpose of the study was to search for the relationship of Pulse Debt Accumulation Intensity (PDAI) with the rate of formation of oxygen demand and the accumulation of lactate in the blood during the performance of limiting cyclic exercises of various durations.

**Methods:** 14 athletes-cyclists (1st category,  $20 \pm 3$  years, MOC —  $52.9 \pm 5.10$  ml / min / kg), performed a series of bicycle ergometric exercises of maximum power on different days at a fixed duration of 10, 30, 60, 120, 360 and 1800 s. Based on the pulse sums of the five-minute recovery (minus the pre-start HR level) and the exercise time, the intensity of accumulation of pulse debt was calculated for all exercises in each subject. The rate of accumulation of lactate concentration in the blood (SNCL) and the rate of formation of oxygen demand (OCR) were also calculated.

**Results:** SOCS, SNCL and PDAI have a close non-linear relationship with exercise time (respectively:  $r^2 = 0.84$ ,  $r^2 = 0.91$ ,  $r^2 = 0.96$ , at  $p < 0.05$ ), as well as with relative exercise power (respectively:  $r^2 = 0.80$ ,  $r^2 = 0.86$ ,  $r^2 = 0.90$ , at  $p < 0.05$ ). INPD has a close relationship with SRCS and SNCL (respectively:  $r^2 = 0.80$ ,  $r^2 = 0.94$ ,  $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** The results of the study make it possible to use the INPD heart rate indicator for a fairly reliable determination of exercise intensity and for predicting the level of lactate accumulation, and on this basis, determining the direction of the exercise and normalizing the training load.

**Keywords:** intensity of pulse debt accumulation, oxygen demand formation rate, lactate concentration accumulation rate, limiting cyclic loads, athletes

**Acknowledgments:** The authors are grateful to Golov A. V., PhD (Physical and Mathematical Sciences) for his help in the obtained data statistical analysis.

**Funding:** The work was carried out as a research project, supported by the Scientific and Methodological Council of the Moscow State Public Institution “Center for sports innovative technologies and training of national teams” of the Moscow Department of sports. The work is also partially supported by the thematic research plan of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism for 2019–2020. (Section 03.00.12).

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

**For citation:** Kozlov A.V., Bleer A.N., Levushkin S.P., Sonkin V.D. Correlation between the intensity of pulse longevity accumulation and the rate of oxygen demand formation and blood lactate accumulation in performing limiting cyclic exercises of different duration. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):43–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.2>

**Received:** 20 June 2022

**Accepted:** 12 November 2022

**Online first:** 30 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\*Corresponding author

## 1. Введение

Интенсивность физиологических затрат при выполнении упражнения — один из важнейших параметров тренировочной нагрузки, необходимый для формирования программ и методик спортивной подготовки. Разработке разных способов его оценки были посвящены в последние десятилетия многие исследования отечественных и зарубежных авторов [1–9]. Для определения (расчета) интенсивности упражнения в лабораторных условиях обычно используют показатели уровня кислородного запроса, его составляющих и значения концентрации лактата из капиллярной крови [10–18]. Но прямые измерения потребления кислорода и концентрации лактата (La) в крови не могут рутинно использоваться в тренировочной практике, так как нуждаются в дорогостоящем оборудовании, специалистах высокого уровня для проведения сложного анализа полученных данных и инвазивном вмешательстве. Это существенно снижает

доступность этих методов контроля функционального состояния спортсменов в ответ на физические нагрузки.

Частота сокращений сердца — наиболее легко регистрируемый физиологический показатель при мышечной работе, несущий обширную информацию о состоянии и функциональных возможностях организма. В настоящее время для измерения ЧСС в спорте и фитнесе используются кардиомониторы, позволяющие точно измерять пульсовые суммы.

На анализе динамики ЧСС во время работы и восстановления базируются весьма популярные тесты для оценки различных сторон работоспособности организма, такие как проба Летунова, проба Мастера, Гарвардский степ-тест,  $PWC_{170}$ , ИНПД и другие [4, 19, 20]. В тренировочной практике для оценки интенсивности нагрузки и ее регламентации обычно применяются абсолютные значения ЧСС, а также разнообразные методы, основанные на относительных значениях ЧСС, например метод



расчета относительного рабочего прироста ЧСС [22, 23], метод расчета ИНПД [4] и др.

Интенсивность накопления пульсового долга (ИНПД) — показатель, основанный на измерении частоты пульса в восстановительном периоде. По своему физиологическому смыслу ИНПД близок к индексу Гарвардского степ-теста, но выгодно отличается тем, что позволяет оценить интенсивность физиологических затрат не только в строго дозированных нагрузках, но и в любом упражнении, выполняемом с большой (значения ИНПД приблизительно от 0 до 2), субмаксимальной (значения ИНПД приблизительно от 2 до 8) или максимальной (значения ИНПД приблизительно от 8 до 16) интенсивностью [21].

Удобство показателя ИНПД состоит в том, что он может выполнять сразу две функции: характеризовать интенсивность нагрузки и оценивать физическую работоспособность. При измерении ИНПД у одного и того же человека при разных нагрузках можно получить довольно точное представление о соотношении интенсивностей этих нагрузок. Если у разных людей измерить ИНПД при одинаковой мощности и длительности нагрузки, то можно получить индивидуальные характеристики работоспособности [21] и оценивать уровни ее развития в определенной зоне мощности.

Концентрация лактата является результатом взаимодействия аэробных и анаэробных процессов энергообеспечения во время выполнения работы. Скорость накопления лактата тесно взаимосвязана со скоростью образования кислородного запроса [22]. Предположительно, скорость накопления пульсового долга или ИНПД также взаимосвязана со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата.

В связи с актуальностью поиска объективных и относительно простых методов определения и оценки функциональных возможностей спортсменов нами было проведено исследование, целью которого явилось выявление взаимосвязей ИНПД со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении предельных циклических упражнений различной продолжительности.

## 2. Методы

Экспериментальная работа проводилась на базе ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта. Все исследования выполнены с соблюдением норм биомедицинской этики, программа исследования одобрена ЛЭК при ЦСТиСК Москомспорта (протокол № 12 от 27.01.2020 г.). Каждый испытуемый перед началом исследования давал письменное информированное согласие на участие во всех предусмотренных процедурах.

В исследовании участвовало 14 спортсменов-велосипедистов (1-й разряд, возраст —  $20 \pm 3$  года, масса тела —  $71,7 \pm 9,3$  кг). Все участники выполняли серию максимальных упражнений на велоэргометре LODER Excalibur Sport с предельной мощностью и фиксированной продолжительностью 10, 30, 60, 120,

360 и 1800 с, с отдыхом 1–2 дня между тестированиями. Максимальные упражнения продолжительностью 10 и 30 с спортсмены выполняли в режиме «вовсю», предельные упражнения 60, 120, 360 и 1800 с выполнялись с установкой проявить наибольшую производительность, которая им была доступна на момент тестирования. Все упражнения выполнялись в разные дни.

Перед каждым тестированием спортсмены выполняли стандартную разминку на велоэргометре (мощностью 1 Вт/кг, длительностью 5 мин.), после прекращения разминки спортсмен 5 минут сидел на велоэргометре, в это время фиксировался предстартовый уровень функциональных показателей. Функциональные показатели фиксировались также во время выполнения работы и по ее окончании, в процессе восстановления, в течение которого испытуемый оставался в положении сидя на велоэргометре 10 мин.

Предварительно, за 2–3 дня до начала серии максимальных тестов, каждый спортсмен выполнял рамп-тест на велоэргометре для определения МПК по единому протоколу: начальная мощность работы — 60 Вт, мощность равномерно повышалась на 15 Вт/мин, частота вращения педалей 70–75 оборотов. Во всех случаях работа продолжалась до отказа. Отказ фиксировали индивидуально по заявлению испытуемого или при явном снижении интенсивности нагрузки.

В процессе исследования регистрировали ЧСС с помощью датчиков «Polar H10», а также потребление кислорода, выделение углекислого газа, легочную вентиляцию с помощью газоанализатора «Cosmed Qark», который калибровали перед проведением каждого исследования. Данные усреднялись в пятисекундных интервалах.

Пульсовую сумму долга упражнения рассчитывали за первые 5 минут восстановления.

Концентрацию лактата определяли автоматическим анализатором «Biosen C-Line» перед упражнением, сразу по окончании работы и далее на 3, 5, 7, 10 минутах после окончания работы. Максимальная концентрация лактата в крови (maxLa) фиксировалась на третьей или пятой минутах восстановления.

Статистический анализ данных проводился в среде R (версия 3.5.1) и с помощью MS Excel. Для исследования силы связи между показателями был использован корреляционный анализ по методу Спирмена. Нормальность распределения проверяли методом Шапиро — Уилка и с помощью визуальной оценки гистограмм распределения и их квантиль-квантиль графиков.

## 3. Вычисляемые показатели:

КЗ — кислородный запрос упражнения (л), рассчитывался как сумма кислородного прихода и кислородного долга:

$$КЗ = КП + КД \quad (ф. 1),$$

где: КП — кислородный приход (л) — объем потребленного кислорода сверх предстартового уровня, рассчитанный за время выполнения упражнения;

КД — кислородный долг упражнения (л) — объем потребленного кислорода сверх предстартового уровня, рассчитанный за 10 мин. восстановления;

СОКЗ — скорость образования кислородного запроса (л/мин), рассчитывалась как отношение кислородного запроса ко времени работы:

$$\text{СОКЗ} = \text{КЗ} / t \quad (\text{ф. 2}),$$

где: КЗ — кислородный запрос упражнения (л);  
 $t$  — время работы (мин.).

СНКЛ — скорость накопления концентрации лактата (ммоль/л/мин), рассчитывалась как отношение разницы между зафиксированной максимальной и исходной концентрацией лактата, ко времени работы:

$$\text{СНКЛ} = \text{НКЛ}_x / t \quad (\text{ф. 3}).$$

ПД — пульсовой долг (уд) — пульсовая сумма сверх предстартового уровня, рассчитанная за 5 мин. восстановления;

$$\text{ПД} = 5 \times (\text{ЧСС}_{\text{ср}} - \text{ЧСС}_{\text{пр}}) \quad (\text{ф. 4}).$$

$\text{ЧСС}_{\text{ср}}$  — средняя частота сердечных сокращений за 5 мин. восстановления, уд/мин.;

$\text{ЧСС}_{\text{пр}}$  — предстартовая частота сердечных сокращений, уд/мин.

ИНПД — интенсивность накопления пульсового долга, рассчитывалась как отношение пульсового долга ко времени упражнения (с):

$$\text{ИНПД} = \text{ПД} / t_c \quad (\text{ф. 5}).$$

$t_c$  — время работы (с).

В нашем исследовании во многих случаях мощность упражнений была выше критической (см. табл. 2). После окончания работы ЧСС восстанавливалась значительно дольше 5 мин., но наиболее быстрые изменения ЧСС

после окончания нагрузки завершались к пятой минуте восстановления, поэтому сумма пульсового долга рассчитывалась за 5 минут. В случае если спортсмен во время восстановления достигал предстартового уровня раньше, чем за 5 мин. по динамике ЧСС или 10 мин. по динамике потребления кислорода, то пульсовой и кислородный долг рассчитывали за реальное время восстановления.

#### 4. Результаты исследования

В таблице 1 представлены антропометрические и максимальные функциональные показатели испытуемых, полученные в рампе-тесте на велоэргометре.

Показатели, рассчитанные по пульсовым суммам и по потреблению кислорода в упражнениях с предельной мощностью различной продолжительности, представлены в таблице 2.

В таблице 3 представлены данные корреляционного анализа функциональных показателей спортсменов.

Как видно из таблицы 3, скорость образования кислородного запроса (СОКЗ), скорость накопления лактата (СНКЛ) и ИНПД имеют тесную степенную взаимосвязь со временем выполнения предельного упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,84$ ,  $r^2 = 0,91$ ,  $r^2 = 0,96$ , при  $p < 0,05$ ). Данные показатели имеют тесную степенную взаимосвязь с относительной мощностью упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,86$ ,  $r^2 = 0,90$ , при  $p < 0,05$ ). Величина ИНПД имеет тесную степенную взаимосвязь со скоростью образования кислородного запроса СОКЗ и скоростью накопления лактата СНКЛ (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,94$ , при  $p < 0,05$ ).

Разработана шкала ИНПД для ориентировочного определения мощности упражнения (см. рис.):

Таблица 1

#### Антропометрические и максимальные функциональные показатели спортсменов по результатам рампе-теста ( $M \pm \sigma$ , $n = 14$ )

Table 1

#### Anthropometric and maximum functional indicators of athletes according to the results of the ramp test ( $M \pm \sigma$ , $n = 14$ )

Параметр	Размерность	$M \pm \sigma$ , $n = 14$
Возраст	лет	18,3 ± 1,5
Масса тела	кг	72,2 ± 8,04
Длина тела	см	177 ± 12
МПК <sub>абс</sub>	л/мин	3,29 ± 0,49
МПК <sub>отн</sub>	мл/кг/мин	45,9 ± 7,00
ЧСС <sub>max</sub>	уд/мин	188 ± 11
Абс. $W_{\text{max}}$	Вт	296 ± 33
Отн. $W_{\text{max}}$	Вт/кг	4,11 ± 0,35

Примечание: МПК<sub>отн</sub> — максимальное потребление кислорода, относительные значения; МПК<sub>абс</sub> — максимальное потребление кислорода, абсолютные значения; ЧСС<sub>max</sub> — значение максимальной ЧСС, зафиксированной в тесте; Абс.  $W_{\text{max}}$  — абсолютная максимальная мощность, достигнутая в тесте; Отн.  $W_{\text{max}}$  — относительная максимальная мощность, достигнутая в тесте.

Note:  $\text{MOC}_{\text{rel}}$  is the maximum oxygen consumption, relative values [ml/min/kg];  $\text{MOC}_{\text{abs}}$  — maximum oxygen consumption, absolute values [l/min];  $\text{HR}_{\text{max}}$  — the value of the maximum heart rate recorded in the test;  $\text{Abs.}W_{\text{max}}$  is the absolute maximum power achieved in the test [W];  $\text{Rel.}W_{\text{max}}$  — relative maximum power achieved in the test [W/kg].

Таблица 2

Эргометрические и физиологические показатели, полученные в упражнениях с предельной мощностью различной продолжительности ( $M \pm \sigma$ ,  $n = 14$ )

Table 2

Ergometric and physiological parameters obtained in exercises with maximum power of different duration ( $M \pm \sigma$ ,  $n = 14$ )

Показатели	Размерность	Предельная продолжительность упражнения, с					
		10	30	60	120	360	1800
W <sub>ср</sub>	Вт	740 ± 122	702 ± 104	561 ± 81	434 ± 70	333 ± 63	262 ± 37
Отн. W <sub>ср</sub>	Вт/кг	10,3 ± 0,9	9,8 ± 0,7	7,8 ± 0,5	6,1 ± 0,6	4,7 ± 0,7	3,7 ± 0,4
КЗ	л	6,3 ± 1,5	8,1 ± 2,5	10,8 ± 2,5	14,6 ± 4,0	27,9 ± 6,8	108 ± 2,4
ПД	уд	159 ± 43	229 ± 73	265 ± 66	252 ± 69	255 ± 78	257 ± 78
La <sub>max</sub>	ммоль/л	7,3 ± 1,9	15,1 ± 2,7	16,6 ± 2,5	16,1 ± 2,5	14,7 ± 2,8	7,2 ± 4,0
СОКЗ	л/мин	37,5 ± 8,8	16,3 ± 5,0	10,8 ± 2,5	7,3 ± 2,0	4,6 ± 1,1	3,6 ± 0,8
СНКЛ <sub>x</sub>	ммоль/л/мин	32,9 ± 9,5	23,4 ± 5,7	13,0 ± 1,8	6,6 ± 1,5	2,0 ± 0,5	0,2 ± 0,1
ИНПД	уд/с	15,9 ± 4,4	7,6 ± 2,4	4,4 ± 1,1	2,1 ± 0,6	0,7 ± 0,2	0,1 ± 0,0

Таблица 3

Корреляционная матрица расчетных показателей ( $n = 14$ ,  $p < 0,05$ )

Table 3

Correlation matrix of calculated indicators ( $n = 14$ ,  $p < 0.05$ )

	<i>t</i>	Отн. W <sub>ср</sub>	СНКЛ	СОКЗ	ИНПД
<i>t</i>	1,00				
Отн. W <sub>ср</sub>	0,90	1,00			
СНКЛ	0,91	0,86	1,00		
СОКЗ	0,84	0,80	0,79	1,00	
ИНПД	0,96	0,90	0,94	0,80	1,00

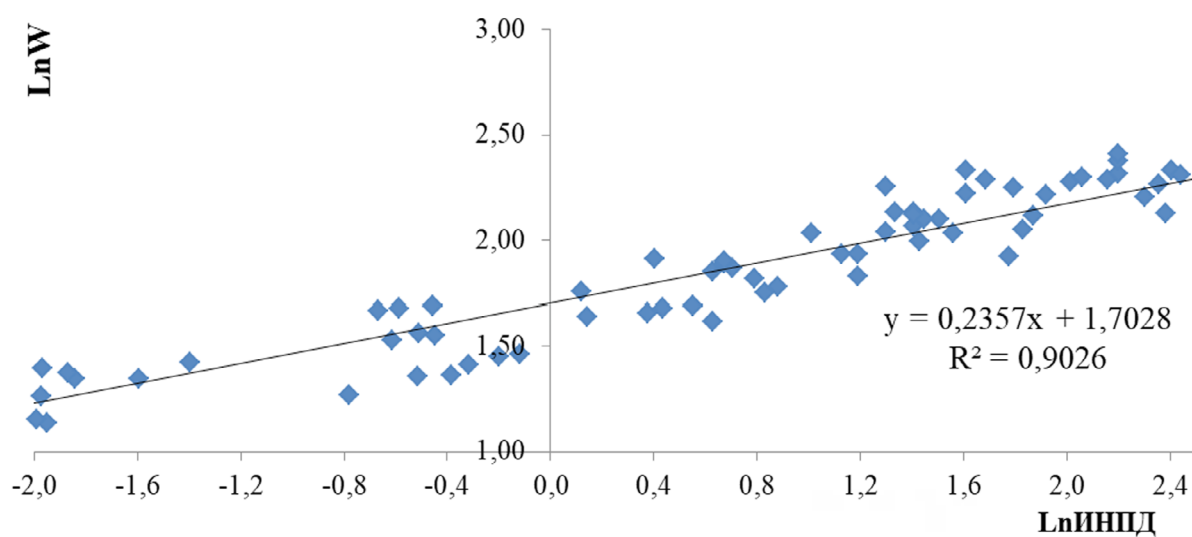


Рис. Шкала ИНПД для ориентировочного определения мощности упражнения. Значения ИНПД и относительной мощности прологарифмированы

Fig. The INPD scale for an approximate determination of the power of the exercise. The values of NIPD and relative power are taken as logarithms

## 5. Обсуждение

Внутриклеточные энергетические источники и физиологические механизмы, обеспечивающие их деятельность, тесно связаны между собой, составляя неразрывное единство. На клеточном уровне это проявляется в универсальной роли АДФ как регулятора деятельности энергетических источников. На уровне организма их единство определяется центральной ролью аэробных процессов в энергообеспечении. Такое органическое единство биохимически и физиологически различающихся процессов позволяет считать, что все они являются элементами единой системы энергообеспечения, которая охватывает все уровни организации — от клетки до организма — и в реальных условиях реагирует как единое целое [21]. В связи с этим количество ресинтезированной за время физической работы АТФ напрямую зависит от величины кислородного запроса [10, 12–18], и при интенсивных истощающих нагрузках в мышце имеется линейная зависимость между отношением АТФ/АДФ и содержанием лактата [23].

Кислородный запрос, пульсовые суммы или концентрация лактата отражают физиологические и энергетические затраты и с известным допущением характеризуют емкость энергетических механизмов, использованную во время физической работы. По этим показателям, без значений продолжительности работы, дифференцировать упражнения по интенсивности невозможно, т.к. кислородный запрос, пульсовые суммы, концентрация лактата в зависимости от продолжительности могут иметь одинаковые соответствующие величины при разной интенсивности нагрузки. Продолжительностью и интенсивностью упражнения

### Вклад авторов:

**Козлов Андрей Владимирович** — сбор и обработка материала, статистический анализ, написание текста статьи.

**Блеер Александр Николаевич** — утверждение финальной версии статьи, редактирование.

**Левушкин Сергей Петрович** — утверждение финальной версии статьи, редактирование.

**Сонькин Валентин Дмитриевич** — написание текста статьи, редактирование.

## Литература

1. **Karvonen M.J., Kentala E., Mustala O.** The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 1957;35(3):307–315.
2. **Davis A., Convertino V.** A comparison of heart rate methods for predicting endurance training intensity. *Med. Sci. Sports.* 1975;(7):295–298.
3. **Banister E.W.** Modeling elite athletic performance. In: **McDougall J.D., Wenger H.A., Green H. J.** (eds.) *Physiological testing of the high-performance athlete.* Champaign, IL: Human Kinetics; 1991.
4. **Король В.М., Сонькин В.Д., Ратушная Л.И.** Мышечная работоспособность и частота сердечных сокращений у подростков в зависимости от уровня полового созревания. *Теория и практика физической культуры.* 1985;(8):27.

определяется, за счет каких поставщиков энергии она будет производиться, т.е. определяется относительный вклад метаболических путей, генерирующих АТФ, и скорость энергообеспечения [10, 14]. Только при вычислении соотношения затрат с продолжительностью работы появляются такие интегральные показатели, как СОКЗ, СНКЛ, ИНПД, позволяющие представлять (рассчитывать) уровень интенсивности нагрузки. При этом СОКЗ, СНКЛ и ИНПД тесно взаимосвязаны с мощностью упражнения и между собой. Это является основанием для использования простого для расчета показателя ИНПД в тренировочной практике для определения интенсивности физических нагрузок и их физиологической стоимости.

## 6. Выводы

1. Скорость образования кислородного запроса, скорость накопления лактата и ИНПД имеют тесную нелинейную (степенную) взаимосвязь со временем выполнения упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,84$ ,  $r^2 = 0,91$ ,  $r^2 = 0,96$ , при  $p < 0,05$ ) и с относительной мощностью упражнения (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,86$ ,  $r^2 = 0,90$ , при  $p < 0,05$ ). Кроме того, величина ИНПД имеет тесную степенную взаимосвязь со скоростью образования кислородного запроса и скоростью накопления лактата (соответственно:  $r^2 = 0,80$ ,  $r^2 = 0,94$ , при  $p < 0,05$ ).

2. Результаты исследования позволяют использовать пульсометрический показатель ИНПД для достаточно надежного определения интенсивности упражнения, прогноза уровня накопления лактата и на этой основе — направленности упражнения и нормирования тренировочной нагрузки.

### Author's contribution:

**Andrey V. Kozlov** — collection and processing of material, statistical analysis, article text writing.

**Alexander N. Bleer** — approval of the article final version, editing.

**Sergey P. Levushkin** — approval of the article final version, editing.

**Valentin D. Sonkin** — article text writing, editing.

## References

1. **Karvonen M.J., Kentala E., Mustala O.** The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 1957;35(3):307–315.
2. **Davis A., Convertino V.** A comparison of heart rate methods for predicting endurance training intensity. *Med. Sci. Sports.* 1975;(7):295–298.
3. **Banister E.W.** Modeling elite athletic performance. In: **McDougall J.D., Wenger H.A., Green H. J.** (eds.) *Physiological testing of the high-performance athlete.* Champaign, IL: Human Kinetics; 1991.
4. **Korol V.M., Sonkin V.D., Ratushnaya L.I.** Muscular performance and heart rate in adolescents depending on the level of puberty. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury = Theory and Practice of Physical Culture.* 1985;(8):27 (In Russ.).



5. Pettitt R.W., Pettitt C., Cabrera C.A., Murray S.R. A theoretical method of using heart rate to estimate energy expenditure during exercise. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 2007;2(3):319–327. <https://doi.org/10.1260/174795407782233146>
6. Gillespie B.D., McCormick J.J., Mermier C.M., Gibson A.L. Talk test as a practical method to estimate exercise intensity in highly trained competitive male cyclists. *J. Strength Cond. Res.* 2015;29(4):894–898. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000711>
7. Thomson E.A., Nuss K., Comstock A., Reinwald S., Blake S., Pimentel R.E., et al. Heart rate measures from the apple watch, Fitbit charge HR 2, and electrocardiogram across different exercise intensities. *J. Sports Sci.* 2019;37(12):1411–1419. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1560644>
8. Shcherbina A., Mattsson C.M., Waggott D., Salisbury H., Christle J., Hastie T., et al. Accuracy in wrist-worn, sensor-based measurements of heart rate and energy expenditure in a diverse cohort. *J. Pers. Med.* 2017;7(2):3. <https://doi.org/10.3390/jpm7020003>
9. Yang L., Lu K., Forsman M., Lindecrantz K., Seoane F., Ekblom Ö., Ekblom J. Evaluation of physiological workload assessment methods using heart rate and accelerometry for a smart wearable system. *Ergonomics.* 2019;62(5):694–705. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1566579>
10. Hargreaves M., Spriet L.L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat. Metab.* 2020;2(9):817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
11. Matsuura H., Mukaino M., Otake Y., Kagaya H., Aoshima Y., Suzuki T., et al. Validity of simplified, calibration-less exercise intensity measurement using resting heart rate during sleep: a method-comparison study with respiratory gas analysis. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2019;11:27. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0140-x>
12. Beam W.C., Adams G.M. Exercise physiology: Laboratory manual. 8th ed. New York: McGraw-Hill; 2019.
13. Kenney W.L., Wilmore J.H., Costill D.L. Physiology of sport and exercise. 7th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
14. Swanwick E., Matthews M. Energy systems: a new look at aerobic metabolism in stressful exercise. *MOJ. Sports Med.* 2018;2(1):15–22. <https://doi.org/10.15406/mojm.2018.02.00039>
15. Bertuzzi R., Melegati J., Bueno S., Ghiarone T., Pasqua L.A., Gáspari A.F., et al. GEDAE-LaB: A free software to calculate the energy system contributions during exercise. *PLoS ONE.* 2016;11(1):e0145733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145733>
16. Волков Н.И., Олейников В.И. Биоэнергетика спорта. Москва: Советский спорт; 2011.
17. Волков Н.И., Савелев И.А. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности человека. *Физиология человека.* 2002;28(4):80–93.
18. Иссуриин В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки. Москва: Спорт; 2019.
19. Master F.M., Jppenheimer E.T. A siple exercise tolerance test for circulation efficiency with standart tables for normal individuals. *Amer. J. Med. Sei.* 1929;177(2):223–243. <https://doi.org/10.1097/00000441-192902000-00010>
20. Летунов С. П., Мотылянская Р. Е. Определение состояния тренированности спортсменов. Проблемы спортивной медицины. В: Методы врачебно-физиологических исследований спортсменов: Сб. науч. тр. Москва: Физкультура и спорт; 1972. с. 6–70.
21. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе. Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»; 2018.
5. Pettitt R.W., Pettitt C., Cabrera C.A., Murray S.R. A theoretical method of using heart rate to estimate energy expenditure during exercise. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 2007;2(3):319–327. <https://doi.org/10.1260/174795407782233146>
6. Gillespie B.D., McCormick J.J., Mermier C.M., Gibson A.L. Talk test as a practical method to estimate exercise intensity in highly trained competitive male cyclists. *J. Strength Cond. Res.* 2015;29(4):894–898. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000711>
7. Thomson E.A., Nuss K., Comstock A., Reinwald S., Blake S., Pimentel R.E., et al. Heart rate measures from the apple watch, Fitbit charge HR 2, and electrocardiogram across different exercise intensities. *J. Sports Sci.* 2019;37(12):1411–1419. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1560644>
8. Shcherbina A., Mattsson C.M., Waggott D., Salisbury H., Christle J., Hastie T., et al. Accuracy in wrist-worn, sensor-based measurements of heart rate and energy expenditure in a diverse cohort. *J. Pers. Med.* 2017;7(2):3. <https://doi.org/10.3390/jpm7020003>
9. Yang L., Lu K., Forsman M., Lindecrantz K., Seoane F., Ekblom Ö., Ekblom J. Evaluation of physiological workload assessment methods using heart rate and accelerometry for a smart wearable system. *Ergonomics.* 2019;62(5):694–705. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1566579>
10. Hargreaves M., Spriet L.L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat. Metab.* 2020;2(9):817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
11. Matsuura H., Mukaino M., Otake Y., Kagaya H., Aoshima Y., Suzuki T., et al. Validity of simplified, calibration-less exercise intensity measurement using resting heart rate during sleep: a method-comparison study with respiratory gas analysis. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2019;11:27. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0140-x>
12. Beam W.C., Adams G.M. Exercise physiology: Laboratory manual. 8th ed. New York: McGraw-Hill; 2019.
13. Kenney W.L., Wilmore J.H., Costill D.L. Physiology of sport and exercise. 7th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
14. Swanwick E., Matthews M. Energy systems: a new look at aerobic metabolism in stressful exercise. *MOJ. Sports Med.* 2018;2(1):15–22. <https://doi.org/10.15406/mojm.2018.02.00039>
15. Bertuzzi R., Melegati J., Bueno S., Ghiarone T., Pasqua L.A., Gáspari A.F., et al. GEDAE-LaB: A free software to calculate the energy system contributions during exercise. *PLoS ONE.* 2016;11(1):e0145733. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145733>
16. Volkov N.I., Oleinikov V.I. Bioenergetics of sports. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2011 (In Russ.).
17. Volkov N.I., Savelev I.A. Oxygen demand and energy cost of intense human muscular activity. *Fiziologiya Cheloveka = Human Physiology.* 2002;28(4):80–93 (In Russ.).
18. Issurin V.B. Training athletes of the XXI century: scientific foundations and construction of training. Moscow: Sport Publ.; 2019 (In Russ.).
19. Master F.M., Jppenheimer E.T. A siple exercise tolerance test for circulation efficiency with standart tables for normal individuals. *Amer. J. Med. Sei.* 1929;177(2):223–243. <https://doi.org/10.1097/00000441-192902000-00010>
20. Letunov S. P., Motylyanskaya R. E. Determination of the state of fitness of athletes. In: Problems of sports medicine. Methods of medical and physiological research of athletes: Sat. scientific tr. Moscow: Fizkultura i sport Publ.; 1972. p. 6–70 (In Russ.).
21. Sonkin V.D., Tambovtseva R.V. The development of muscle energy and performance in ontogeny. Moscow: LIBROKOM Publ.; 2018 (In Russ.).

22. Волков Н.И., Попов О.И., Габрысь Т., Шматлян-Габрысь У. Физиологические критерии нормирования тренировочных и соревновательных нагрузок в спорте высоких достижений. Физиология человека. 2005;31(5):125–134.

23. Harris R.C., Sahlin K., Hultman E. Phosphagen and lactate contents of m. quadriceps femoris of man after exercise. J. Appl. Physiol. 1977;43(5):852–857. <https://doi.org/10.1152/jap-pl.1977.43.5.852>

22. Volkov N.I., Popov O.I., Gabrys T., Shmatlyan-Gabrys U. Physiological criteria for normalizing training and competitive loads in high performance sports. Fiziologiya Cheloveka = Human Physiology. 2005;31(5):125–134 (In Russ.).

23. Harris R.C., Sahlin K., Hultman E. Phosphagen and lactate contents of m. quadriceps femoris of man after exercise. J. Appl. Physiol. 1977;43(5):852–857. <https://doi.org/10.1152/jap-pl.1977.43.5.852>

#### Сведения об авторах:

**Козлов Андрей Владимирович**, главный специалист Центра спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Москомспорта, Россия, 129272, г. Москва, ул. Советской армии, д. 6 (89165363085a@mail.ru)

**Блеер Александр Николаевич**, д.п.н., профессор, член-корреспондент Российской академии образования, Россия, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8 (box9999@list.ru)

**Левушкин Сергей Петрович**, д.б.н., профессор, директор НИИ спорта и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», Россия, 105122, г. Москва, Сиреневый бульвар, д. 4, руководитель центра мониторинга ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Россия, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8 (levushkinsp@mail.ru)

**Сонькин Валентин Дмитриевич**, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности и физического воспитания ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Россия, 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8 (sonkin@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Andrey V. Kozlov\***, Center for sports innovative technologies and training of national teams of the Moscow Department of sports, 6, Sovetskoi armii str., Moscow, 129272, Russia (89165363085a@mail.ru)

**Alexander N. Bleer**, D.Sc. (Pedagogy), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, 8, Pogodinskaya str., Moscow, 119121, Russia (box9999@list.ru)

**Sergey P. Levushkin**, D.Sc. (Biology), Professor, Director of the Research Institute of Sports and Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, head of the monitoring center of the Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, 8, Pogodinskaya str., Moscow, 119121, Russia (levushkinsp@mail.ru)

**Valentin D. Sonkin**, D.Sc. (Biology), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Physiology of Muscular Activity and Physical Education of the Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, 8, Pogodinskaya str., Moscow, 119121, Russia (sonkin@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Сравнение кардиореспираторных показателей при тредмил-тестировании «до отказа» у спортсменов в зависимости от профессиональной деятельности

*В.И. Пустовойт, Е.И. Балакин, А.В. Хан, А.А. Муртазин, Н.Ф. Максютков\*,  
П.С. Меркулова, К.А. Кубышев*

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

### РЕЗЮМЕ

Нагрузочное тестирование с применением методики спироэргометрии является надежным диагностическим инструментом, который предоставляет объективную информацию о состоянии кардиореспираторной системы при выполнении физической нагрузки. В статье описан комплексный анализ как новых, так и общепринятых хорошо зарекомендовавших себя кардиореспираторных показателей, полученных в процессе тредмил-тестирования «до отказа». Показан характер влияния физических нагрузок на показатели функциональной активности кардиореспираторной системы. Предложена их интерпретация для планирования и последующего наблюдения за тренировочным процессом у спортсменов различной профессиональной деятельности.

**Ключевые слова:** спортсмены, нагрузочное тестирование «до отказа», пик спортивной готовности, спироэргометрическое обследование, показатели работы кардиореспираторной системы

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

**Для цитирования:** Пустовойт В.И., Балакин Е.И., Хан А.В., Муртазин А.А., Максютков Н.Ф., Меркулова П.С., Кубышев К.А. Сравнение кардиореспираторных показателей при тредмил-тестировании «до отказа» у спортсменов в зависимости от профессиональной деятельности. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):51–59. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.5>

Поступила в редакцию: 30.06.2022

Принята к публикации: 25.10.2022

Online first: 30.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## The combination of traditional cardiorespiratory markers during treadmill testing “to failure” in athletes, depending on professional activity

*Vasylyi I. Pustovoyt, Evgenii I. Balakin, Aleksei V. Khan, Arthur A. Murtazin, Neil F. Maksjutov\*,  
Polina S. Merkulova, Konstantin A. Kubyshev*

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

### ABSTRACT

Exercise tolerance test with the use of the spiroergometry technique is a reliable diagnostic method which provides objective information about cardiorespiratory system condition when performing physical activity. Both new and traditional, well-proven cardiorespiratory markers obtained in the process of treadmill testing “to failure”, are described in this article. The nature of the influence of physical exertion on the indicators of cardiorespiratory system functional activity is presented. The interpretation for planning and subsequent monitoring of the training process in athletes of various professional activities is proposed.

**Keywords:** athletes, exercise tolerance test/treadmill testing “to failure”, peak of form, spiroergometry screening, cardiorespiratory markers

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

**For citation:** Pustovoyt V.I., Balakin E.I., Khan A.V., Murtazin A.A., Maksjutov N.F., Merkulova P.S., Kubyshev K.A. The combination of traditional cardiorespiratory markers during treadmill testing "to failure" in athletes, depending on professional activity. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):51–59. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.5>

**Received:** 30 June 2022

**Accepted:** 25 October 2022

**Online first:** 30 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\*Corresponding author

## 1. Введение

Ведущим практическим вопросом подготовки спортсменов является определение оптимального уровня профессиональной спортивной готовности к достижению поставленной цели. Определение спортивной готовности складывается из диагностических компонентов, в состав которых входит спироэргометрическое (СЭМ) обследование, дающее возможность объективной оценки физической подготовленности.

Своевременно выявленное у отдельно взятого спортсмена снижение уровня физической работоспособности и функциональных резервов организма позволит скорректировать тренировочный процесс для достижения необходимого уровня профессионального спортивного мастерства, что значительно повысит вероятность успешного достижения поставленной цели за счет оптимальной адаптации организма к тяжелым физическим нагрузкам. Исследование функциональных резервов и физической работоспособности спортсменов с одновременной регистрацией СЭМ-показателей расширяет представления о физиологических особенностях регуляции кардиореспираторной системы на фоне интенсивных и длительных тренировок и дает возможность подготовки к конкретным физиологическим нагрузкам для достижения поставленной цели, что является основополагающим принципом спортивной подготовки. Данное исследование было направлено на выявление межгрупповых отличий показателей однократного СЭМ-обследования на пике спортивной готовности в ответ на нагрузочное тестирование на тредмиле «до отказа». В частности, мы стремились охарактеризовать влияние физических нагрузок на показатели функциональной активности кардиореспираторной системы.

**Цель исследования:** сравнить показатели СЭМ-обследования в оптимальном функциональном состоянии организма спортсменов с различным профилем профессиональной деятельности.

## 2. Материалы и методы

Исследования, описанные в этой статье, одобрены этическим комитетом ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России и проводилось на этой же базе в течение четырех недель в 2021 году.

В сравнении СЭМ-показателей принимали участие 98 спортсменов (с уровнем спортивного мастерства не ниже первого разряда) мужского пола, у которых при углубленном медицинском обследовании

установлен оптимальный уровень функционального состояния организма [1–5].

Первая группа (альпинисты, принимающие участие в высотных восхождениях), состояла из 30 человек, средний возраст  $30,8 \pm 4,5$  года. Вторая группа (альпинисты, принимающие участие в скайраннинге), состояла из 22 человек, средний возраст  $29,6 \pm 3,5$  года. Третья группа (спортсмены циклических видов спорта) состояла из 25 человек, средний возраст  $30 \pm 6,2$  года. Четвертая группа, состоящая из 21 здорового мужчины, занимающегося туризмом, средний возраст  $29,8 \pm 5,2$  года. Четвертая группа — группа контроля, так как в ней тренировки проводили не менее двух раз в неделю на любительском уровне. Включением в исследование было условие о предоставлении письменного информированного согласия и наличие опыта участия в нагрузочном тестировании «до отказа». Все участники настоящего исследования участвовали добровольно и были ознакомлены с ходом и целью исследования.

Критериями включения субъектов в исследование являлись: возраст от 18 до 40 лет, мужской пол, верифицированный диагноз «здоров» по данным стандартных клинических, лабораторных и инструментальных методов обследования, наличие регулярной физической активности в повседневной жизни.

Критериями исключения являлись возраст младше 18 лет и старше 40 лет, наличие сердечно-легочных, неврологических, метаболических или психиатрических заболеваний в анамнезе, острые инфекции.

Ознакомительное тестирование в четырех группах было проведено в отдельные дни. Основное нагрузочное тестирование «до отказа» проводилось при температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 60 %. Во время тестирования испытуемые были одеты в спортивные шорты, носки и спортивную обувь. Тестирование продолжалось до волевого истощения, определяемого как точка, в которой участники не могли поддерживать скорость дожки и продолжать выполнение нагрузки.

Нагрузочное тестирование проводилось на беговой дорожке «T-ergo PRO» (Италия) в климатической комнате. На всем протяжении обследования спортсменов непрерывно регистрировались параметры ЭКГ с помощью проводного регистратора электрической активности сердца Cosmed «Quark C 12\*» [6]. Показатели легочной вентиляции и метаболического ответа непрерывно измерялись с помощью систем анализа газового состава



вдыхаемого и выдыхаемого воздуха Cosmed «Quark CPET» (Италия) [6].

Физическая нагрузка на беговой дорожке «T-ergo PRO» выполнялась в соответствии с протоколом и продолжалась до момента «отказ» (таблица 1). После чего в программе газоанализа активировалась фаза восстановления, сопровождающаяся замедлением скорости движущегося полотна до полной остановки через 3 минуты.

Для определения физической работоспособности и функциональных резервов организма спортсменов учитывали следующие показатели: общее время работы ( $t_{MAX}$ , мин); время наступления аэробного порога ( $t_{АП}$ , мин.); время наступления анаэробного порога ( $t_{ПАНО}$ , мин.); ЧСС до начала теста (уд/мин); ЧСС на уровне аэробного порога (ЧСС<sub>АП</sub>, уд/мин); ЧСС на уровне анаэробного порога (ЧСС<sub>ПАНО</sub>, уд/мин); ЧСС максимальное (ЧСС<sub>МАХ</sub>, уд/мин); ЧСС восстановления через 5 минут (ЧСС<sub>восст.</sub>, уд/мин); потребление кислорода ( $VO_2$  (АП, ПАНО, МАХ), мл/мин/кг); выведение углекислого газа ( $VCO_2$  (АП, ПАНО, МАХ), мл/мин/кг); дыхательный коэффициент (RER, отн. ед.); метаболические единицы (METs (АП, ПАНО, МАХ), отн. ед.); частота дыхательных движений ( $RF$  (АП, ПАНО, МАХ), дв/мин); минутный объем дыхания ( $VE$  (АП, ПАНО, МАХ), л/мин); дыхательный объем ( $VT$  (АП, ПАНО, МАХ), литры); кислородный пульс (КП, мл/уд/мин); дыхательный эквивалент для  $O_2$  ( $VE/O_2$  (АП, ПАНО, МАХ), отн. ед.); дыхательный эквивалент для  $CO_2$  ( $VE/CO_2$  (АП, ПАНО, МАХ), отн. ед.); соотношение ЧСС/ $Rf$  (АП, ПАНО и МАХ) уд/дв/мин.

Полученные данные обрабатывали с использованием специального программного прикладного пакета Statistica v 13.1 (StatSoft, Inc., 2016) наряду с табличным редактором Excel for Windows 2016.

Для описания данных использовались значения медианы и межквартильного размаха (значения первого и третьего квартиля), а также среднее значение и стандартное отклонение. Сравнение между несколькими

группами проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA — Analysis of variance), а попарное сравнение с помощью непараметрического  $U$ -критерия Мана — Уитни. Корреляционный анализ проводился с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена. При обработке данных статистическая значимость была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время существует ограниченная информация о влиянии физических нагрузок на кардиореспираторную адаптацию альпинистов различных профилей спортивной деятельности. Аэробные резервы спортсменов альпинистов в основном зависят от интенсивности и длительности физических нагрузок в гипоксических условиях окружающей среды. Уровень спортивного мастерства во многом обусловлен наличием профессионального опыта и повышением специальной физической выносливости. С учетом этих особенностей на первое место при сопровождении спортсменов выходит система персонализированного контроля функционального состояния и функциональных резервов организма. Исходя из этих данных, отличительной выносливостью, необходимой для достижения поставленных целей с высокой профессиональной эффективностью, наилучшим результатом и минимальной биологической ценой за адаптацию организма, характеризуются вторая и третья группы обследуемых спортсменов (табл. 2 и 3).

Антропометрические характеристики спортсменов существенно не различались между обследуемыми группами. Результаты нагрузочного тестирования на тредмиле «до отказа» представлены в таблице 2.

Средние значения показателя времени выполнения нагрузки «до отказа» в группах находятся в диапазоне от  $12,56 \pm 2,1$  (четвертая группа) до  $16,03 \pm 1,7$  (вторая группа) минуты. Полученные результаты, характеризующие переход спортсменов от АП до ПАНО

Таблица 1

#### Протокол нагрузки Тредмил-тест

Table 1

#### The treadmill stress test protocol

Степень	Скорость, км/ч	Время, мин.	Степень	Скорость, км/ч	Время, мин.
1	5	0,00–1,40	10	14	14,00–15,40
2	6	1,40–3,20	11	15	15,40–17,20
3	7	3,20–5,00	12	16	17,20–19,00
4	8	5,00–6,40	13	17	19,00–20,40
5	8	6,40–8,20	14	18	20,40–22,00
6	10	8,20–9,00	15	19	22,00–23,40
7	11	9,00–10,40	16	20	23,40–25,00
8	12	10,40–12,20	Восстановление	4	2
9	13	12,20–14,00		2,7	3

Таблица 2

Показатели физической работоспособности спортсменов при тестировании на беговой дорожке ( $n = 98$ )

Table 2

The physical performance parameters of athletes during a treadmill exercise test ( $n = 98$ )

Параметр	Первая ( $n = 30$ )	Вторая ( $n = 22$ )	Третья ( $n = 25$ )	Четвертая ( $n = 21$ )
Возраст	30,8 [28,3–33,3]	29,6 [27,3–32]	30 [27,4–32,6]	29,8 [28,7–31,7]
Рост	179,3 [175,5–183]	178 [175–181]	179,2 [177–182]	178 [176,5–182]
Вес	81,1 [75,2–86,6]	73,8 [69,6–78,1]	79,1 [76–82,2]	79,5 [75,2–83,1]
t ап	8:38 [6:18–12:49]	11:22 [9:50–16:36]	9:39 [7:23–13:56]	3:58 [2:38–8:43]
t пано	12:12 [10:53–15:28]	14:53 [11:25–17:58]	13:04 [9:16–16:47]	8:57 [4:01–11:41]
t НАГРУЗКИ	14:46 [12:43–16:06]	16:03 [13:29–18:55]	15:52 [12:06–17:14]	12:56 [10:48–14:58]
ЧСС (до теста)	94 [86–101]	97 [89–106]	88 [81–94]	90 [84,1–95,7]
ЧСС ап	129,2 [119–138]	168 [165–171]	144 [137–151]	123 [117–129]
ЧСС пано	179 [174–184]	185 [182–188]	174 [170–179]	156 [152–161]
ЧСС max	190 [185–195]	190 [186–194]	185 [181–188]	176 [172–180]
ЧСС ВОССТ	119 [113–124]	133 [124–142]	118 [113–123]	114 [108–120]
VO <sub>2</sub> ап	29,5 [26,6–32,5]	50 [44–56]	40,7 [37,2–44,2]	24,4 [23–26]
VO <sub>2</sub> пано	48,1 [45,2–50,9]	61,4 [56,6–66,1]	57,4 [55,1–59,8]	38,7 [36,7–40,7]
VO <sub>2</sub> max	51 [47,5–54,4]	65,4 [61–70]	61,9 [59,8–64]	45,2 [43,4–46,9]
VCO <sub>2</sub> ап	25,9 [23–28,8]	43,9 [37,5–50,2]	34 [30,1–37,8]	17,8 [14,4–21,2]
VCO <sub>2</sub> пано	48,6 [45,5–51,8]	64,2 [58,4–70,1]	58,2 [55,4–61,1]	38,9 [36,1–41,6]
VCO <sub>2</sub> max	50 [46,7–53,4]	60,7 [54,8–66,6]	64,1 [61,6–66,6]	53,6 [50,1–57,2]
RER	1,11 [1,09–1,14]	1,09 [1,06–1,12]	1,14 [1,12–1,16]	1,31 [1,29–1,34]
Rf ап	29,8 [26,4–33,2]	41,2 [32,8–49,6]	30 [27,6–32,4]	25,5 [23,5–27,6]
Rf пано	48,2 [42,6–53,7]	45,4 [41,1–49,7]	42,4 [39,2–45,7]	36,5 [34–39]
Rf max	54,9 [48,4–61,4]	53,4 [46,7–60,1]	50,3 [49,5–55]	50,2 [46,8–53,7]
VT ап	2,04 [1,8–2,27]	2,63 [2,16–3,1]	2,5 [2,3–2,9]	2,2 [2–2,4]
VT пано	2,7 [2,4–3]	3,1 [2,7–3,4]	3,3 [3–3,5]	2,9 [2,7–3,2]
VT max	2,73 [2,5–3]	3,2 [2,9–3,5]	3,4 [3,2–3,6]	3,4 [3,1–3,6]
VE ап	60,3 [51,5–69,1]	91 [72,5–109,5]	75,8 [67,7–84]	54,9 [50,4–59,4]
VE пано	125,6 [117,4–133,8]	138,9 [125,6–152,2]	137 [127–147]	106 [99–113]
VE max	145,5 [135,9–155]	166 [150–182]	166 [158–174]	163,8 [156–171]

Примечание: [Q1–Q3] — непараметрическая описательная статистика (ненормальное распределение), M — медиана, Q1 — нижний квартиль (25 %), Q3 — верхний квартиль (75 %).

Note: [Q1–Q3] — nonparametric descriptive statistics (non-normal distribution), M — the median, Q1 — the lower quartile (25%), Q3 — the upper quartile (75 %).

с последующим отказом от нагрузочного тестирования, подтверждают выполнение нагрузки обследуемыми лицами на максимально возможном функциональном уровне. Анализ полученных данных показал тенденцию наибольшего сдвига вправо СЭМ показателей во второй и третьей группах обследуемых спортсменов. Значения в данных группах статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличаются по сравнению с первой и четвертой группами обследуемых лиц. Это связано с тем, что спортсменам второй и третьей группы для участия в соревнованиях и достижения поставленной цели необходима достаточная кардиореспираторная подготовка, характеризующаяся наибольшими показателями аэробного обмена. Так, значимые межгрупповые различия регистрируются в пяти наиболее важных

показателях: VO<sub>2</sub> (ап, пано и max), VCO<sub>2</sub> (ап, пано и max), METs (ап, пано и max), VE/VO<sub>2</sub> (ап, пано и max) и КП (ап, пано и max). Данные показатели оказались наиболее объективными, стабильными и полезными при оценке физической работоспособности спортсменов.

Наиболее высокие показатели аэробной производительности регистрируются во второй и третьей группах, что подтверждается повышением (ЧСС ап, VO<sub>2</sub> ап, и КП ап) и снижением (VE/O<sub>2</sub> ап) медианы, характеризующей физическую работоспособность обследуемых спортсменов при анализе результатов методики СЭМ (табл. 2 и 3). Смещение вправо аэробной производительности во второй и третьей группах связано с увеличением физической работоспособности.

Таблица 3

Показатели эквивалентности и индексов в оценке физической работоспособности спортсменов при тредмил-тестировании ( $n = 98$ )

Table 3

The values of equivalence parameters and indexes in assessment of athletes' physical performance during a treadmill exercise test ( $n = 98$ )

Параметр \ Группа	Первая ( $n = 30$ )	Вторая ( $n = 22$ )	Третья ( $n = 25$ )	Четвертая ( $n = 21$ )
КП ап	18,4 [17–19,8]	22 [19,1–25]	22,3 [20,5–24,1]	15,7 [14,7–16,8]
КП пано	21,5 [20–23,1]	24,4 [22,3–26,6]	26,1 [24,7–27,4]	20,2 [18,9–21,4]
КП max	21,7 [20,2–23,1]	25,4 [23,2–27,5]	26,5 [25,2–27,9]	20,6 [19,4–21,8]
METs ап	8,5 [7,5–9,4]	14,6 [12,5–16,7]	11,5 [10,4–12,6]	7 [6,5–7,5]
METs пано	13,7 [12,9–14,6]	18,2 [16,4–19,9]	16,4 [15,6–17,2]	11,2 [10,5–11,8]
METs max	14,4 [13,3–15,4]	18,3 [16,7–20]	17,1 [16,4–17,8]	13 [12,3–13,6]
VE/O <sub>2</sub> ап	2,1 [1,8–2,3]	1,8 [1,5–2,1]	1,9 [1,7–2,1]	2,3 [2,2–2,6]
VE/O <sub>2</sub> пано	2,6 [2,4–2,9]	2,2 [2,1–2,4]	2,3 [2,2–2,6]	2,9 [2,7–3,2]
VE/O <sub>2</sub> max	2,9 [2,4–2,7]	2,5 [2,4–2,7]	2,7 [2,6–2,9]	3,6 [3,4–3,9]
VE/CO <sub>2</sub> ап	2,3 [2,1–2,6]	2,1 [1,7–2,4]	2,3 [2,1–2,4]	2,6 [2,4–2,7]
VE/CO <sub>2</sub> пано	2,6 [2,4–2,9]	2,2 [2–2,3]	2,4 [2,2–2,5]	2,8 [2,5–3]
VE/CO <sub>2</sub> max	2,9 [2,7–3,2]	2,7 [2,3–3,2]	2,6 [2,5–2,8]	3,1 [2,9–3,4]
ЧСС/Rf ап	4,5 [3,6–5,2]	4,4 [3,6–5,2]	4,9 [4,6–5,3]	4,7 [4,2–5,5]
ЧСС/Rf пано	3,9 [3,4–4,3]	4,2 [3,8–4]	4,3 [3,9–4,6]	4,2 [3,9–4,4]
ЧСС/Rf max	3,6 [3,2–4,1]	3,7 [3,2–4,1]	3,8 [3,5–4]	3,5 [3,2–3,8]

Примечание: [Q1–Q3] — непараметрическая описательная статистика (ненормальное распределение), M — медиана, Q1 — нижний квартиль (25 %), Q3 — верхний квартиль (75 %).

Notes: [Q1–Q3] — nonparametric descriptive statistics (non-normal distribution), M — the median, Q1 — the lower quartile (25%), Q3 — the upper quartile (75%).

Показатели медианы VO<sub>2</sub> (ап, пано и max) представленные во второй таблице, наглядно подтверждают значимые ( $p < 0,05$ ) различия второй и третьей по сравнению с первой и четвертой группами обследования. В четвертой группе обследуемых лиц показатели VO<sub>2</sub> (ап, пано и max) имели более низкие значения ( $24,4 \pm 3,4$ ;  $38,7 \pm 4,5$ ;  $45,2 \pm 3,7$  мл/кг/мин соответственно) по сравнению с остальными испытуемыми, что объясняется меньшей частотой аэробных нагрузок в тренировочном процессе.

Во время физических нагрузок при возрастающей интенсивности регистрируется переход в анаэробный режим регуляции, который сопровождается увеличением ЧСС, возрастающей концентрацией лактата в периферическом кровеносном русле и скорости поглощения кислорода организмом. Показатели VO<sub>2</sub> пано характеризуются значимой ( $p < 0,05$ ) корреляционной связью ( $r > 0,70$ ) с VO<sub>2</sub> max. В подготовительном периоде альпинисты обычно тренируются с интенсивностью ниже анаэробного порога, и только в течение коротких периодов они выполняют упражнения высокой напряженности в силу необходимости профессиональной деятельности. Нагрузочное тестирование показало, что переход на анаэробное (VO<sub>2</sub> пано) энергетическое обеспечение

во второй группе выше (на 21,8, 6,5 и 37 % соответственно) по сравнению с первой ( $48 \pm 5,2$ ), третьей ( $57,4 \pm 5,7$ ) и четвертой ( $38,7 \pm 4,5$ ) группами. Тогда как в абсолютных значениях VO<sub>2</sub> пано при VT между второй и третьей группами не различаются (табл. 2).

Биологическая цена работы организма за адаптацию к физическим нагрузкам определяется по уровню потребления кислорода при максимальной интенсивности выполняемого упражнения. Так, во второй и третьей группах обследуемых спортсменов регистрируется оптимальное развитие метаболических процессов в организме, способствующих повышению выносливости и увеличению показателей VO<sub>2</sub> max на 30,9 % по сравнению с четвертой группой испытуемых лиц.

Медиана КП в первой и четвертой группах регистрируется существенно ниже по сравнению с остальными обследуемыми спортсменами (табл. 3) за счет более низкого значения потребления кислорода на уровне ПАНО. Достоверные различия ( $p < 0,05$ ) регистрируются только при сравнении четвертой с остальными группами.

В нашем обследовании КП в среднем регистрировался на уровне  $25,4 \pm 3,2$  и  $26,5 \pm 3,4$  мл/мин во второй и третьей группах соответственно. Чем выше КП,

тем более оптимальным считается взаимодействие кровообращения и дыхания, что положительно влияет на уровень физической работоспособности обследуемых лиц. Средние значения КП в обследовании регистрировались выше  $21,6 \pm 2,6$  мл/уд/мин, что является оптимальным клиническим признаком, характеризующим отличное функциональное состояние у испытуемых. Таким образом, КП представляет собой отдельный параметр, который нуждается в дальнейшем изучении, с точки зрения его значимости как для клинической оценки, так и для диагностики функциональных резервов организма спортсменов. Аэробные и анаэробные механизмы регуляции обладают разной эффективностью энергетического обеспечения организма. Используя показатель КП, можно оценить потребление кислорода обследуемыми лицами во время нагрузочного тестирования за одно сердечное сокращение.

Показатели КП и  $VO_2$  (ап, пано и max) часто рассматриваются другими исследователями в качестве достоверных прогностических показателей физической работоспособности спортсменов. Для персонализированного подхода в определении физической работоспособности и функциональных резервов организма необходимо динамическое обследование спортсменов в годичном профессиональном цикле.

Наиболее экономный расход энергии при выполнении физической работы на субмаксимальном уровне ( $VO_2$  max) наблюдается во второй группе по сравнению с первой и четвертой, где в среднем разница энергетической экономии в метаболических процессах у обследуемых спортсменов достигает 22 и 30,9 % соответственно. Наиболее низкие показатели метаболического эквивалента (METs ап, пано и max) отмечаются в четвертой группе (табл. 3) и демонстрируют отсутствие достаточного количества энергетических запасов в организме обследуемых лиц.

Во второй и третьей группах спортсменов уровень потребления кислорода в значительной степени определяет экономичность процессов обмена на субклеточном уровне при мышечной работе. Эти процессы способствуют повышению экономичности мышечной деятельности в тренировочном и соревновательном периодах, в результате чего у спортсменов наблюдается уменьшение энергозатрат в целом. В данных группах наблюдается повышение активности аэробного механизма энергообмена при нагрузочном тестировании на тредмиле «до отказа», что позволяет на максимально длительном промежутке времени выполнять тредмил-тестирование без накопления лактатов при ресинтезе АТФ. В четвертой группе спортсменов в период нагрузочного тестирования «до отказа» отмечаются резкие изменения внутренней среды организма, характеризующиеся некомпенсируемым ацидозом на уровне анаэробного энергообеспечения, что способствует снижению времени выполнения тредмил-тестирования.

Во всех обследуемых группах показатели вентиляции имеют U-образную форму, что наиболее заметно при максимальной интенсивности выполняемого теста на тредмиле. Статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия спироэргометрических показателей VE (ап, пано и max) регистрируются только в четвертой группе по сравнению с остальными обследуемыми лицами.

Соотношение  $VE/VO_2$  (ап, пано и max) представляет собой наилучшую ассоциацию или интеграцию между дыхательной и сердечно-сосудистой или вентиляционно-перфузионной системами. Соотношение этих показателей в динамике нагрузочного тестирования «до отказа» показывает соответствие фазам аэробного и анаэробного порогов, когда для потребления одного литра кислорода требуется меньший объем дыхания. Во второй и третьей подгруппах уровень дыхательного эквивалента по кислороду ( $VE/O_2$ ) регистрировался на уровне с  $2,2 \pm 0,4$  до  $2,3 \pm 0,3$  (отн. ед.) соответственно.

Анализ результатов обследования методикой СЭМ позволил выявить наибольшее количество статистически значимых ( $p < 0,05$ ) отличий в показателях, характеризующих уровень максимального потребления кислорода в организме обследуемых лиц, распределенных во вторую группу. Тогда как в четвертой группе наблюдается обратно пропорциональное снижение показателей  $VO_2$  max. В четвертой группе уровень  $VE/O_2$  регистрируется значительно выше, чем у остальных спортсменов (таблица 3). Низкий уровень  $VO_2$  max в четвертой группе также можно объяснить выраженным увеличением частоты и уменьшением глубины дыхательных движений, в результате этого снижается перфузия кислорода через альвеолярно-гематологический барьер. В данной группе уровень КП max регистрировался значимо ( $p < 0,05$ ) ниже по сравнению со второй и третьей группами испытуемыми за счет увеличения ЧСС на более низком уровне  $VO_2$  max.

Динамика ЧСС во время нагрузочного тредмил-тестирования хорошо изучена и не требует дополнительной интерпретации. Данный показатель отражает приспособительную реакцию организма обследуемых лиц к физической нагрузке. Полученные результаты планируется использовать для оценки эффективности проводимых тренировочных программ при подготовке спортсменов. В альпинизме очень важна высокая аэробная производительность, благоприятно влияющая на метаболические процессы в организме при достижении поставленной цели. Достоверно ( $p < 0,05$ ) выше регистрируется аэробная производительность во второй и третьей группах (табл. 2).

Увеличение потребления кислорода на уровне ПАНО во всех обследуемых группах связано со степенью физической тренированности и находится в сильной корреляционной связи ( $r > 0,70$ ;  $p < 0,05$ ) с повышением ЧСС и компенсируемым снижением соотношения ЧСС/RF, которое наименее выражено во второй группе (табл. 2 и 3). Эти процессы способствуют развитию



энергетической экономичности, а именно: уменьшению вентиляции мертвого пространства и снижении времени, необходимого для поглощения кислорода в легочных капиллярах.

У спортсменов первой и четвертой групп отмечается снижение интенсивности потребления кислорода на уровне АП и ПАНО в результате уменьшения частоты дыхательных движений при вентиляции легких (табл. 2). Такие изменения также возможно объяснить снижением частоты и увеличением глубины дыхательных движений, в результате чего кислород лучше поглощался в легочных капиллярах.

В первых трех группах обращает на себя внимание увеличение максимального ЧСС, что можно объяснить эффектом тренированности спортсменов, тогда как в четвертой группе наблюдается незначительное снижение ЧСС max (табл. 2). Необходимо отметить, что, несмотря на различия времени нагрузочного тестирования у отдельных спортсменов, в первых трех группах медианы ЧСС max при обследовании находятся на одном уровне. Также в ходе нагрузочного тестирования «до отказа» в первых трех группах выявлено отсутствие статистически значимых ( $p > 0,05$ ) межгрупповых отличий для следующих показателей:  $t$  (ап, пано и max), ЧСС (до теста, АП, ПАНО, МАХ и восстановления), RER, Rf (ап, пано и max), VT (ап, пано и max), VE/CO<sub>2</sub> (ап, пано и max) и ЧСС/Rf (ап, пано и max). При этом наличие достоверной ( $p < 0,05$ ) разницы в данных показателях между четвертой и остальными группами связано с особенностями тренировочного режима обследуемых лиц.

По данным, представленным в табл. 2 и 3, видно, что физическая работоспособность спортсменов во второй и третьей группах достоверно не различается и сохраняется на одном уровне независимо от вида спортивной деятельности. Необходимо учитывать, что значения некоторых показателей методики СЭМ, определенных во время нагрузочного теста «до отказа», не являются отражением функциональной готовности обследуемых лиц к нагрузкам высокой интенсивности в неблагоприятных условиях. Таким образом, оценка значений ЧСС max, VO<sub>2</sub> max и КП max VCO<sub>2</sub> max, METs max и VE/VO<sub>2</sub> max не позволяет определить уровень функционального состояния организма спортсменов экстремальных видов деятельности, а предоставляет возможность по значениям этих параметров определить уровень функциональных резервов организма и физическую тренированность обследуемых лиц.

#### **Вклад авторов:**

**Пустовойт Василий Игоревич** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Балакин Евгений Игоревич** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Муртазин Артур Амирович** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

Выполнение нагрузочного тестирования на тредмиле «до отказа» на уровне ПАНО приводит к резко возрастающему лактатацидозу, обычно это выражается во всех показателях СЭМ, особенно на ЧСС пано, VO<sub>2</sub> пано, КП пано, VCO<sub>2</sub> пано, METs пано и VE/VO<sub>2</sub> пано. В данном случае концентрация лактата в крови находится в сильной корреляционной связи с абсолютными значениями поглощения VO<sub>2</sub> (ПАНО и МАХ, мл/мин) [7–12]. Тем не менее во время тренировочного периода спортсмены испытывают нагрузки интенсивностью ниже ПАНО, и только в течение коротких периодов они тренируются с интенсивностью, соответствующей анаэробному порогу в силу видоспецифичности спортивной деятельности.

Сравнение результатов, представленных во второй и третьей таблицах, показало достоверные различия между обследуемыми, где во второй и третьей группах наиболее выражены сдвиги значений некоторых показателей вправо, подтверждающие высокую устойчивость организма к физическим нагрузкам и являющиеся хорошим прогностическим показателем наличия больших функциональных резервов в организме. Во всех группах, кроме четвертой, наблюдается закономерное увеличение времени наступления ПАНО, что можно объяснить более высокой выносливостью и мышечной силой обследуемых спортсменов. Тем не менее анаэробные механизмы регуляции в организме обследуемых лиц действуют короткое время вследствие быстрого истощения источников энергии.

#### **4. Выводы**

В ходе обследования спортсменов различных видов спортивной деятельности необходим комплексный анализ как общеизвестных, так и наименее изученных кардиореспираторных показателей, полученных в процессе тредмил-тестирования «до отказа». общепринятые показатели VO<sub>2</sub> (ап, пано и max), METs (ап, пано и max) во второй группе находятся на более высоком уровне по сравнению с остальными обследуемыми лицами, что указывает на высокую физическую работоспособность и хорошие функциональные резервы организма спортсменов. Исследование VO<sub>2</sub> (ап, пано и max), VCO<sub>2</sub> (ап, пано и max), METs (ап, пано и max), VE/VO<sub>2</sub> (ап, пано и max) и КП (ап, пано и max) может способствовать получению данных о физической работоспособности и здоровье спортсменов, планированию и последующему наблюдению за тренировочными процессами, а также может быть полезно для раннего отбора спортсменов в сборную команду.

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

**Vasylyi I. Pustovoyt** — article preparation, data collection and processing.

**Evgenii I. Balakin** — article preparation, data collection and processing.

**Aleksei V. Khan** — article preparation, data collection and processing.

**Максютов Наиль Фанисович** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Меркулова Полина Сергеевна** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Кубышев Константин Александрович** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Arthur A. Murtazin** — article preparation, data collection and processing.

**Neil F. Maksjutov** — article preparation, data collection and processing.

**Polina S. Merkulova** — article preparation, data collection and processing.

**Konstantin A. Kubyshev** — article preparation, data collection and processing.

### Список литературы

1. Пустовойт В.И., Ключников М.С., Назарян С.Е., Ероян И.А., Самойлов А.С. Вариабельность сердечного ритма, как основной метод оценки функционального состояния организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта. *Современные вопросы биомедицины*. 2021;5(2). [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2021\\_05\\_02\\_4](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_02_4)
2. Пустовойт В.И., Никонов Р.В., Самойлов А.С., Ключников М.С., Назарян С.Е. Цитологические и биохимические показатели крови при развитии различных неспецифических адаптационных реакций у спортсменов экстремальных видов спорта. *Курортная Медицина*. 2021;(2):85–91. [https://doi.org/10.51871/2304-0343\\_2021\\_2\\_85](https://doi.org/10.51871/2304-0343_2021_2_85)
3. Пустовойт В.И., Ключников М.С., Никонов Р.В., Виноградов А.Н., Петрова М.С. Характеристика основных показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических и экстремальных видов спорта. *Кремлевская Медицина. Клинический Вестник*. 2021;(1):26–30.
4. Пустовойт В.И., Самойлов А.С. Разработка основных критериев для оценки степени адаптации организма спортсменов-альпинистов к условиям горного климата. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2019;(73):42–8. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2019-73-42-48>
5. Пустовойт В.И., Самойлов А.С., Никонов Р.В. Особенности инфекционной патологии у спортсменов-дайверов в сложных климатических условиях. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2020;10(1):67–75. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67>
6. Company-COSMED [Internet]. Available from: <https://www.cosmed.com/en/company>
7. Alberton C.L., Andrade L.S., Pinheiro R.B., Pinto S.S. Anaerobic Threshold in a Water-Based Exercise: Agreement Between Heart Rate Deflection Point and Lactate Threshold Methods. *J. Strength Cond. Res*. 2021;35(9):2472–2478. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003161>
8. Quittmann O.J., Appelhans D., Abel T., Strüder H.K. Evaluation of a sport-specific field test to determine maximal lactate accumulation rate and sprint performance parameters in running. *J. Sci. Med. Sport*. 2020;23(1):27–34. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.08.013>
9. Baumgart J.K., Moes M., Skovereng K., Ettema G., Sandbakk Ø. Examination of gas exchange and blood lactate thresholds in Paralympic athletes during upper-body poling. *PloS One*. 2018;13(10): e0205588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205588>
10. Heuberger J.A.A.C., Gal P., Stuurman F.E., de Muinck Keizer W.A.S., Mejia Miranda Y., Cohen A.F. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *PloS One*. 2018;13(11): e0206846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206846>
11. Cerezuela-Espejo V., Courel-Ibáñez J., Morán-Navarro R., Martínez-Cava A., Pallarés J.G. The Relationship Between

### References

1. Pustovojt V.I., Klyuchnikov M.S., Nazaryan S.E., Eroyan I.A., Samojlov A.S. Heart rate variability as the main method of assessing the functional state of athletes participating in extreme sports. *Sovremennye voprosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine*. 2021;5(2) (In Russ.). [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2021\\_05\\_02\\_4](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_02_4)
2. Pustovojt V.I., Nikonov R.V., Samoylov A.S., Klyuchnikov M.S., Nazaryan S.E. Main cytological and biochemical parameters of blood in the development of a non-specific adaptive reaction with athletes participating in extreme sports. *Resort medicine*. 2021;(2):85–91 (In Russ.). [https://doi.org/10.51871/2304-0343\\_2021\\_2\\_85](https://doi.org/10.51871/2304-0343_2021_2_85)
3. Pustovojt V.I., Klyuchnikov M.S., Nikonov R.V., Vinogradov A.N., Petrova M.S. Characteristics of the main indicators of heart rate variability in cyclical and extreme sports athletes. *Kremlin Medicine Journal*. 2021;(1):26–30 (In Russ.).
4. Pustovojt V.I., Samoilov A.S. Development of basic criteria for assessing the adaptation level of athletes-mountaineers' organism to a mountain climate. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2019;(73):42–8 (In Russ.). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2019-73-42-48>
5. Pustovojt V.I., Samoilov A.S., Nikonov R.V. Divers' infectious pathologies in severe climate. *Sports medicine: research and practice*. 2020;10(1):67–75 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67>
6. Company-COSMED [Internet]. Available from: <https://www.cosmed.com/en/company>
7. Alberton C.L., Andrade L.S., Pinheiro R.B., Pinto S.S. Anaerobic Threshold in a Water-Based Exercise: Agreement Between Heart Rate Deflection Point and Lactate Threshold Methods. *J. Strength Cond. Res*. 2021 Sep 1;35(9):2472–2478. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003161>
8. Quittmann O.J., Appelhans D., Abel T., Strüder H.K. Evaluation of a sport-specific field test to determine maximal lactate accumulation rate and sprint performance parameters in running. *J. Sci. Med. Sport*. 2020 Jan;23(1):27–34. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.08.013>
9. Baumgart J.K., Moes M., Skovereng K., Ettema G., Sandbakk Ø. Examination of gas exchange and blood lactate thresholds in Paralympic athletes during upper-body poling. *PloS One*. 2018;13(10): e0205588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205588>
10. Heuberger J.A.A.C., Gal P., Stuurman F.E., de Muinck Keizer W.A.S., Mejia Miranda Y., Cohen A.F. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *PloS One*. 2018;13(11): e0206846. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206846>
11. Cerezuela-Espejo V., Courel-Ibáñez J., Morán-Navarro R., Martínez-Cava A., Pallarés J.G. The Relationship Between

Lactate and Ventilatory Thresholds in Runners: Validity and Reliability of Exercise Test Performance Parameters. *Front. Physiol.* 2018;9:1320. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01320>

12. **Bräuer E.K., Smekal G.** VO<sub>2</sub> Steady State at and Just Above Maximum Lactate Steady State Intensity. *Int. J. Sports Med.* 2020;41(9):574–581. <https://doi.org/10.1055/a-1100-7253>

Lactate and Ventilatory Thresholds in Runners: Validity and Reliability of Exercise Test Performance Parameters. *Front. Physiol.* 2018;9:1320. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01320>

12. **Bräuer E.K., Smekal G.** VO<sub>2</sub> Steady State at and Just Above Maximum Lactate Steady State Intensity. *Int. J. Sports Med.* 2020 Aug;41(9):574–581. <https://doi.org/10.1055/a-1100-7253>

#### Информация об авторах:

**Пустовойт Василий Игоревич**, к.м.н., заведующий лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru))

**Балакин Евгений Игоревич**, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([evgbalakin@yandex.ru](mailto:evgbalakin@yandex.ru))

**Хан Алексей Викторович**, руководитель центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([fmbc.sportcenter@gmail.com](mailto:fmbc.sportcenter@gmail.com))

**Муртазин Артур Амирович**, младший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([aa.murtazin@gmail.com](mailto:aa.murtazin@gmail.com))

**Максютов Наиль Фанисович\***, младший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([Maksjytov.nail@gmail.com](mailto:Maksjytov.nail@gmail.com))

**Меркулова Полина Сергеевна**, врач по спортивной медицине ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([merkulova\\_95@mail.ru](mailto:merkulova_95@mail.ru))

**Кубышев Константин Александрович**, инженер лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, 23 ([kostya\\_kuby@rambler.ru](mailto:kostya_kuby@rambler.ru))

#### Information about the authors:

**Vasylyi I. Pustovoyt**, MD, PhD, head of the big data and precision sports medicine laboratory at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru))

**Evgenii I. Balakin**, MD, PhD, senior researcher in the big data and precision sports medicine laboratory at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([evgbalakin@yandex.ru](mailto:evgbalakin@yandex.ru))

**Aleksei V. Khan**, head of sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([fmbc.sportcenter@gmail.com](mailto:fmbc.sportcenter@gmail.com))

**Arthur A. Murtazin**, junior researcher in the big data and precision sports medicine laboratory at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([aa.murtazin@gmail.com](mailto:aa.murtazin@gmail.com))

**Neil F. Maksjutov\***, junior researcher in the big data and precision sports medicine laboratory at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([Maksjytov.nail@gmail.com](mailto:Maksjytov.nail@gmail.com))

**Polina S. Merkulova**, sports medicine physician at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([merkulova\\_95@mail.ru](mailto:merkulova_95@mail.ru))

**Konstantin A. Kubyshev**, research engineer in the big data and precision sports medicine laboratory at the sports medicine and rehabilitation center at the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshala Novikova, Moscow, 123098, Russia ([kostya\\_kuby@rambler.ru](mailto:kostya_kuby@rambler.ru))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.10>

УДК 612.766

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Стратегии постурального баланса у опытных ритмических гимнасток в стойках на двух ногах

Л.А. Коновалова\*, Р. Васильев, Л.Г. Лысенко

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

### РЕЗЮМЕ

**Целью исследования** было выяснить, как распределяется подошвенное давление у опытных ритмических гимнасток при выполнении поз с симметричной нагрузкой на обе ноги с открытыми и закрытыми глазами.

**Материалы и методы:** 31 гимнастка высокой квалификации (кандидаты и мастера спорта России, возраст  $18,5 \pm 0,5$  года, стаж занятий художественной гимнастикой  $13,5 \pm 1,5$  года) выполняли три вертикальные позы на подометрической платформе footscan® фирмы RSscan: основная стойка, модифицированная проба Ромберга с открытыми и закрытыми глазами. Регистрировали величину подошвенного давления (P%) по отношению к четырем зонам правой и левой стопы и траектории движения центра давления (ЦД) относительно временных интервалов.

**Результаты** показали, что у опытных гимнасток присутствует правостороннее перераспределение подошвенного давления. Позные колебания происходят преимущественно в направлении вперед-назад, но имеют комбинированные варианты регуляции балансом, сочетая две стратегии: голеностопную и переноса веса с ноги на ногу. В основной стойке это сагиттально-перекрестная схема. В пробе Ромберга с открытыми глазами и закрытыми глазами это сагиттально-параллельный и сагиттально-асимметричный баланс соответственно. Выявлено, что отсутствие визуальной информации при сохранении осанки существенно увеличивает колебания тела только первые 12 секунд.

**Заключение:** выявленное разнообразие комбинаций двух видов стратегий при сохранении осанки в простых позах указывает на способность опытных гимнасток тонко регулировать позной устойчивостью, в том числе и при отсутствии зрительной информации.

**Ключевые слова:** стопа, подошвенное давление, баланс, вертикальная поза, художественная гимнастика

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

**Для цитирования:** Коновалова Л.А., Васильев Р., Лысенко Л.Г. Стратегии постурального баланса у опытных ритмических гимнасток в стойках на двух ногах. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):60–71. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.10>

Поступила в редакцию: 18.06.2022

Принята к публикации: 28.11.2022

Online first: 13.12.2022

Опубликована: 30.12.2022

\*Автор, ответственный за переписку

## Postural balance strategies for experienced rhythmic gymnasts in two-legged stands

Liliya A. Konovalova\*, Radivoj Vasiljev, Liliya G. Lysenko

Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this study was to find out the indicators of the distribution of plantar pressure in the two-legged stands with open and closed eyes in experienced rhythmic gymnasts.

**Materials and methods:** 31 highly qualified gymnasts (candidates and masters of sports of Russia), age  $18.5 \pm 0.5$  years, experience in rhythmic gymnastics  $13.5 \pm 1.5$ , performed three upright postures on the footscan® podometric platform of RSscan: the main stand, a modified Romberg test with open and closed eyes. Postural control was assessed by quantifying the plantar pressure (P%) in relation to 4 zones of the right and left foot and the trajectory of the movement of the center of pressure (CP) over time intervals.

**Results:** The results of the study showed the presence of a right-sided distribution of plantar pressure in two-legged stands in experienced gymnasts. The regulation of posture occurs mainly in the anterior-posterior direction, but has different strategies for managing balance. The sagittal-cross pattern determines the interaction of plantar pressure between the right and left feet in the basic pose. The Romberg test with open eyes (EO) and closed eyes (EC) characterizes sagittal-parallel and sagittal-asymmetric balance, respectively. We revealed an increase in the vibrations of the gymnast's body in the absence of visual information for only the first 12 seconds.



**Conclusions:** We have identified a variety of combinations of two types of strategies while maintaining posture in simple poses. This indicates the ability of experienced gymnasts to fine-tune the postural stability, including in the absence of visual information.

**Keywords:** foot, plantar pressure, balance, vertical pose, rhythmic gymnastics

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

**For citation:** Konovalova L.A., Vasiljev R., Lysenko L.G. Postural balance strategies for experienced rhythmic gymnasts in two-legged stands. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):60–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.10>

**Received:** 18 June 2022

**Accepted:** 28 November 2022

**Online first:** 13 December 2022

**Published:** 30 December 2022

\*Corresponding author

## 1. Введение

Поддержание вертикальной устойчивости при выполнении спортивных задач — важнейшее условие совершенствования техники спортсмена и достижения высокого результата [1–5]. Качество спортивной осанки, по мнению исследователей, зависит от двигательного опыта, уровня спортивного мастерства, специфики спортивной деятельности [6–11].

Художественная гимнастика является олимпийским видом спорта. К спортсменкам предъявляют значительные требования к качеству осанки в соответствии со спецификой гимнастического стиля и строгим регламентом выполнения технических элементов. Гимнастка в упражнении должна продемонстрировать сложные позы в условиях ограниченной опоры и сниженного зрительного контроля [12, 13].

В художественной гимнастике есть ряд работ, посвященных изучению постральной регуляции спортивной осанки с использованием компьютерной стабилографии. В них авторы рассматривают влияние спортивного опыта, характера и условий выполнения на качество сохранения баланса [1, 14, 15]. Известно, что опытных гимнасток отличает более высокий уровень пострального контроля в сравнении с представителями других видов спорта [1, 7]. Однако уточняют, что данное превосходство наиболее очевидно только при выполнении специфических для гимнастики балансовых упражнений [16–18]. Не исключают также эффект переноса опыта занятий гимнастикой и на способность сохранения баланса не только в стойках на одной ноге, но и при двуногой осанке [7].

При этом остается не изученным вопрос о балансирующей активности отдельных сегментов правой и левой стопы при опорных реакциях и механизмов их взаимодействия. Важность таких исследований обусловлена запросами практики в поиске наиболее эффективных и безопасных средств равновесной подготовки спортсменок в условиях жесткой соревновательной конкуренции в мировой и отечественной художественной гимнастике.

Подшва стопы является первой точкой контакта между телом и внешней средой в положении стоя. Подробная пространственная и временная информация о контактных давлениях под стопой и силах сдвига, возникающих в результате движения тела, представляет

собой ценную обратную связь с постральной системой управления. На сегодня значительное количество исследований, посвященных изучению постральной устойчивости спортсменок, фокусируется на анализе переменных интегрального показателя стабилометрии — общего центра давления [5, 19]. Несомненно, эти количественные измерения представляют ценную информацию, но не позволяют оценить вклад отдельных сегментов правой и левой стопы в изучение механизмов регуляции спортивной осанкой.

В связи с этим представляет интерес исследование постральной устойчивости опытных гимнасток на основе анализа опорных реакций в сегментах правой и левой стопы.

**Цель исследования:** изучить распределение подошвенного давления у опытных ритмических гимнасток при выполнении поз с симметричной нагрузкой на обе ноги с открытыми и закрытыми глазами.

## 2. Материалы и методы

В исследуемую группу ( $n = 31$ ) входили гимнастки высокой спортивной квалификации (38,7% кандидаты и 61,3% мастера спорта России), средний возраст которых составил  $18,5 \pm 0,5$  года; рост  $166,9 \pm 4,6$  см; вес  $53,4 \pm 3,4$  кг, опыт занятий  $13,5 \pm 1,5$  года. Спортсменки участвовали в исследовании на добровольной основе.

Эксперимент проводился на базе научно-исследовательского института физической культуры и спорта в лаборатории биомеханики спорта Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, г. Казань.

Гимнастки выполняли три теста на подометрической платформе footscan® фирмы RSscan (активная рабочая площадь  $0,48 \times 0,325$  м; резистентные датчики; частота регистрации данных до 500 Гц).

Тест 1 — основная стойка. Гимнастка выполняла выход на платформу, принимала свободную стойку в стандартном положении (стопы разведены на  $30^\circ$ , расстояние между пятками 3 см), руки вдоль тела, взгляд вперед (рис. 1 А). Испытуемая сохраняла позу в течение 30 сек., во время которых производилась мгновенная съемка и регистрация показателей на компьютер.

Тесты 2 и 3 — это модифицированная проба Ромберга с открытыми и закрытыми глазами. Гимнастка выполняла

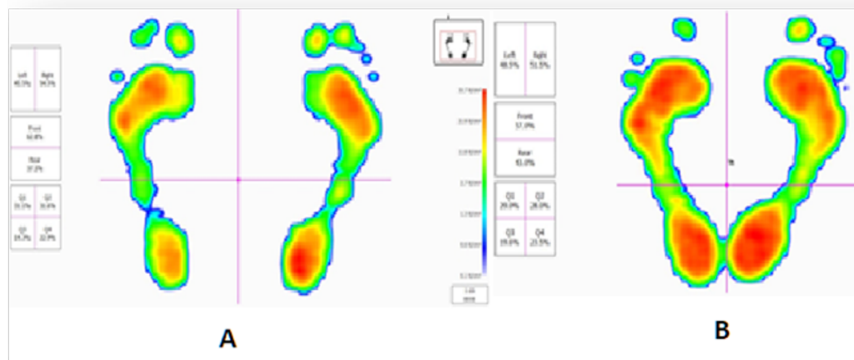


Рис. 1. Плантаграмма стопы в тесте № 1 (A) и тесте 2 или 3 (B)  
Fig. 1. Plantogram of the foot in test No. 1 (A) and test 2 or 3 (B)

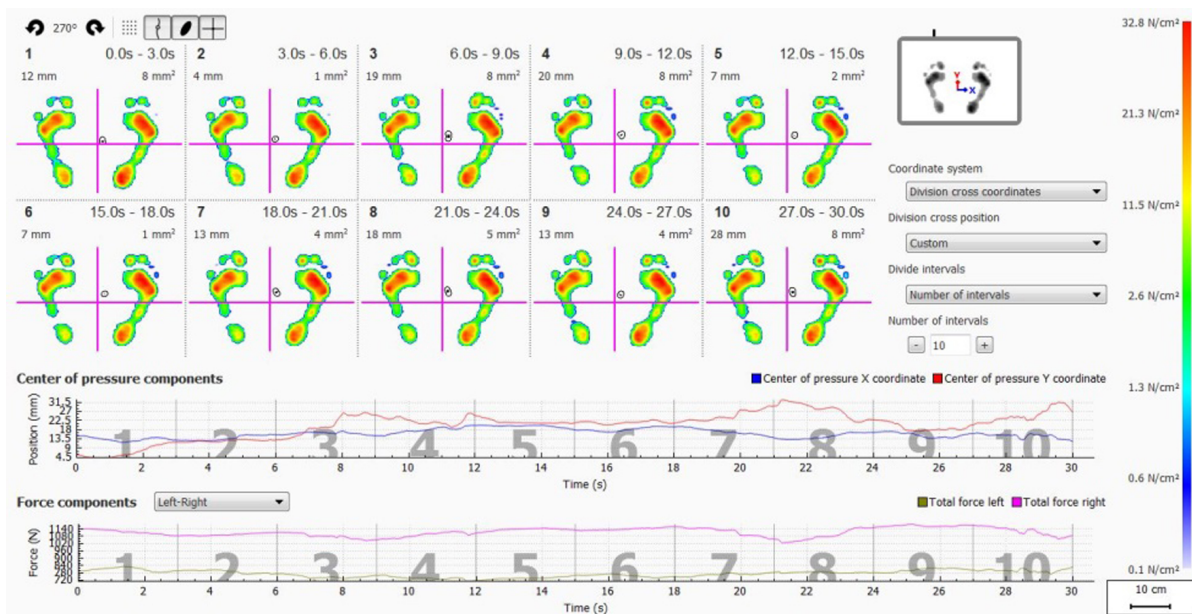


Рис. 2. Протокол интервальной плантограммы  
Fig. 2. Interval plantogram protocol

стойку пятки вместе носки врозь, руки вперед на ширине плеч, пальцы разведены (рис. 1 B). От спортсменки требовалось максимально сосредоточиться на отпечатанной точке, которая находилась напротив на стенде на уровне глаз, на расстоянии 2 метра. Гимнастка должна была сохранить максимально устойчивую позу в течение 30 секунд, не отвлекаясь и не двигаясь. В тесте 3 гимнастке требовалось по сигналу оператора закрыть глаза и удержать баланс в течение 30 секунд.

Анализировали следующие параметры: подошвенное давление (P в % к массе тела гимнастки) отдельно для правой и левой стопы, для плюсны и пятки стоп и давление, оказываемое в четырех зонах: Q1 — левая плюсна; Q2 — правая плюсна; Q3 — левая пятка; Q4 — правая пятка. Изучали переменные движения ЦД; траектории центра давления (мм), среднее (SD) изменение площади эллипса (Ellips area), мм<sup>2</sup> — показателя разброса ЦД. Регистрировали изменения положения ЦД в 10 интервалах, продолжительностью каждый

3 секунды в пробах Ромберга с открытыми и закрытыми глазами (рис. 2).

Полученные данные подвергали статистической обработке. Для всех переменных была рассчитана базовая описательная статистика (Mean ± SE, V). Осуществлялась проверка показателей на нормальность распределения величин по критерию Колмогорова — Смирнова. Достоверность различий определяли методом параметрической статистики для связанных выборок с помощью двухфакторного дисперсионного анализа ANOVA. Выявляли корреляционные связи между показателями величины давления в различных сегментах стопы внутри тестов и между тестами. Уровень значимости был установлен равным 0,05 для всех процедур.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Методика проведения исследования заключалась в сравнении показателей подошвенного давления в тесте № 1 «основная стойка», в тесте № 2 «Ромберг

Таблица 1

Статистический анализ показателей давления на опору под правой и левой стопой в трех тестах

Table 1

Statistical analysis of pressure indicators on the support under the right and left foot in three tests

Тест / Test	Распределение давления ( % от массы тела) / Pressure distribution (% of body weight)		
	Правая стопа / Right foot	Левая стопа / Left foot	<i>p</i>
№ 1 основная стойка / basic pose	51,1 ± 3,3 (V ± 7 %)	48,9 ± 3,3 (V ± 7 %)	< 0,05
№ 2 проба Ромберга (глаза открыты) / Romberg (EO)	51,2 ± 3,0 (V ± 6 %)	48,8 ± 3,0 (V ± 6 %)	< 0,003
№ 3 проба Ромберга (глаза закрыты) / Romberg (EC)	51,3 ± 3,0 (V ± 6 %)	48,9 ± 3,0 (V ± 6 %)	< 0,008
<i>F</i> (ANOVA)	<i>F</i> (16, 166) ± 0,62 <i>p</i> ± 0,86	<i>F</i> (16, 166) ± 0,62 <i>p</i> ± 0,86	

Примечание: \*V — коэффициент вариации (%).

Note: \*V — coefficient of variation (%).

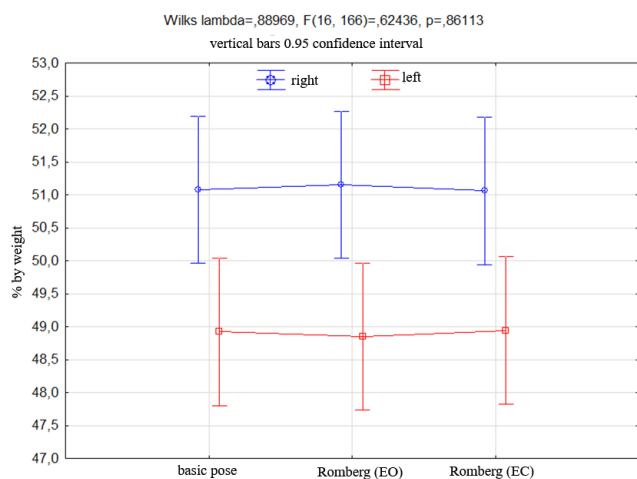


Рис. 3. Показатели распределения давления под правой и левой стопой в трех тестах

Fig. 3. Indicators of pressure distribution under the right and left foot in three tests

с открытыми глазами (ОГ)» и тесте № 3 «Ромберг с закрытыми глазами (ЗГ)». В качестве гипотезы этого исследования было предположение о наличии паттернов равновесия у гимнасток как результате длительного влияния специфической спортивной практики.

Нами выявлен асимметричный паттерн сохранения равновесия в простых позах с опорой на обе ноги у квалифицированных спортсменок, имеющих опыт занятий художественной гимнастикой более 10 лет. Он характеризуется правосторонним перераспределением подошвенного давления во всех трех тестах (51,1–51,3 % в зависимости от позы). Результаты сравнительного анализа подошвенного давления под правой и левой стопой представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Рядом авторов тоже были получены сведения об асимметрии нижних конечностей при постральных реакциях у спортсменов в стандартных позах. Аналогичные результаты правосторонней асимметрии позы характерны для баскетболистов (как для юношей, так и для девушек), стрелков из пневматической

винтовки [20, 21]. Выявлено, что для некоторых видов спорта характерно смещение подошвенного давления на левую ногу как для опытных (дзюдо, лыжный спорт), так и для юных спортсменов (футбол) [8, 22]. В отношении представителей сложнокоординационных видов спорта (гимнастика и акробатика), выявлена левосторонняя асимметрия позы [23], которую авторы объясняют предпочтением левой ноги в качестве опорной у большинства исследуемых спортсменов. На наш взгляд, полученные результаты не всегда можно объяснить только спецификой спортивной практики. Поэтому можно предположить, что асимметричный паттерн равновесия у опытных гимнасток в стандартных позах связан не только с опытом, но и с двигательным предпочтением ведущей ноги. И это предположение требует дальнейшего изучения.

Согласно результатам предыдущих исследований, элитные гимнастки демонстрируют превосходные стратегии контроля позы, о чем свидетельствует выполнение медиолатеральных смещений [7]. В нашем исследовании помимо распределения давления между правой и левой стопой в латеральном направлении явно прослеживается стратегия передне-заднего регулирования позы. Особенно очевидно это проявляется в тесте «основная стойка» и «проба Ромберга ЗГ» (табл. 2, рис. 4). В этих позах у гимнасток больше нагружаются пятки по отношению к плюснам ( $p < 0,05$ ).

В аналогичном исследовании, проведенном на баскетболистах мужского и женского пола, авторы тоже указывают на 10 % увеличение давления в пяточной части по сравнению с плюсневой [21].

Особый интерес представляют результаты корреляционного анализа, модель которого состояла в определении зависимости между показателями подошвенного давления внутри каждого теста.

Корреляционный анализ показал сильные положительные и отрицательные связи между показателями величины давления под правой и левой стопой во всех трех тестах, а также между плюсной и пяткой обеих ног (см. табл. 3, 4, 5).

Таблица 2

Статистический анализ средних значений давления на опору в трех тестах для обеих стоп в направлении плюсны — пятки

Table 2

**Statistical analysis of the average values of pressure on the support in three tests for both feet in the direction of the metatarsal — heel**

Тест / Test	Распределение давления (% от массы тела) / Pressure distribution (% of body weight)		P
	Передняя (плюсневая) / Front (metatarsal)	Задняя часть (пятка) / Back (heel)	
№ 1 основная стойка / basic pose	47,0 ± 8,1 (V ± 17 %)	53,0 ± 8,1 (V ± 15 %)	<0,004
№ 2 проба Ромберга (глаза открыты) / Romberg (EO)	48,4 ± 8,1 (V ± 17 %)	51,6 ± 8,1 (V ± 16 %)	0,12
№ 3 проба Ромберга (глаза закрыты) / Romberg (EC)	47,9 ± 7,0 (V ± 15 %)	52,2 ± 7,0 (V ± 13 %)	<0,018
F (ANOVA)	F (16, 166) ± 0,62 p ± 0,86	F (16, 166) ± 0,62 p ± 0,86	

При этом наблюдаем, что распределение подошвенного давления у опытных гимнасток в исследуемых стойках имеет как сходные признаки взаимосвязи между правой и левой стопой и их сегментами, так и различия этих взаимодействий.

*Сходные для трех тестов признаки взаимосвязи:*

— во фронтальной плоскости (латеральное направление) наблюдаем прямую зависимость величины подошвенного давления в плюсневых сегментах правой и левой стопы (Q1–Q2);

— для сагиттальной плоскости (передне-заднее направление) характерна обратная связь между сегментами плюсны и сегментами пяток правой и левой ноги (Q1–Q3; Q1–Q4 и аналогично Q2–Q4; Q2–Q3) (рис. 5).

*Различные для трех тестов признаки взаимосвязи.*

— В тесте № 2 (проба Ромберга ОГ) отмечаем положительную связь в латеральном направлении не только в сегменте плюсны, но и в отношении пяток правой и левой стопы (Q3 и Q4,  $r \pm 0,609$ ), что нехарактерно

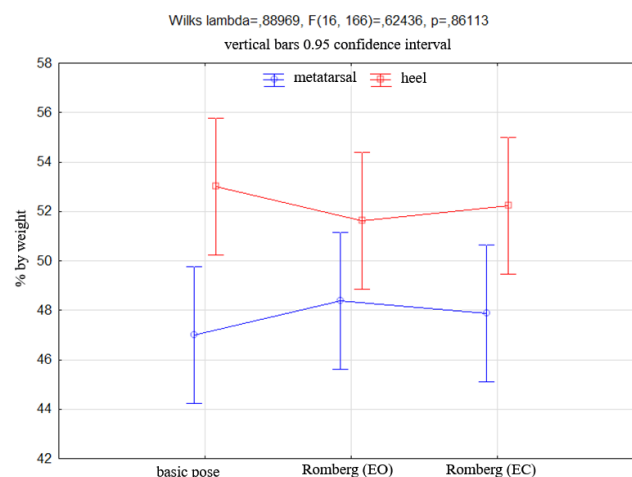


Рис. 4. Показатели распределения центра давления в направлении плюсны — пятки в трех тестах

Fig. 4. Indicators of the distribution of the center of pressure in the direction of the metatarsal — heel in three tests

Таблица 3

**Результаты корреляционной анализа между показателями в тесте № 1 «основная стойка»**

Table 3

**Results of correlation between indicators in test № 1 “basic pose”**

	Правая / Right	Левая / Left	Плюсна / Metatarsal	Пятка / Heel	Q1	Q2	Q3	Q4
Правая / Right	1,000	-1,000*	-0,181	0,181	-0,396*	0,065	-0,249	0,491*
Левая / Left		1,000	0,181	-0,181	0,396*	-0,065	0,249	-0,491*
Плюсна / Metatarsal			1,000	-1,000*	0,841*	0,923*	-0,712*	-0,842*
Пятка / Heel				1,000	-0,841*	-0,923*	0,712*	0,842*
Q1					1,000	0,611*	-0,706*	-0,690*
Q2						1,000	-0,656*	-0,776*
Q3							1,000	0,334
Q4								1,000

Примечание: \*Наличие корреляционной зависимости на уровне значимости  $\alpha \pm 0,05$ .

Note: \*The presence of correlation dependence at the significance level  $\alpha \pm 0.05$ .



Таблица 4

Результаты корреляционного анализа между показателями в тесте № 2 «Ромберг с открытыми глазами (ГО)»

Table 4

The results of the correlation analysis between the indicators in test № 2 “Romberg (EO)”

	Правая / Right	Левая / Left	Плюсна / Metatarsal	Пятка / Heel	Q1	Q2	Q3	Q4
Правая / Right	1,000	-1,000*	0,113	-0,113	-0,172	0,350	-0,335	0,058
Левая / Left		1,000	-0,113	0,113	0,171	-0,349	0,335	-0,059
Плюсна / Metatarsal			1,000	-1,000*	0,824*	0,870*	-0,840*	-0,917*
Пятка / Heel				1,000	-0,824*	-0,870*	0,840*	0,917*
Q1					1,000	0,494*	-0,807*	-0,695*
Q2						1,000	-0,645*	-0,865*
Q3							1,000	0,609*
Q4								1,000

Примечание: \*Наличие корреляционной зависимости на уровне значимости  $\alpha \pm 0,05$ .

Note: \*The presence of correlation dependence at the significance level  $\alpha \pm 0.05$ .

Таблица 5

Результаты корреляционного анализа между показателями в тесте № 3 «Ромберг с закрытыми глазами (ГЗ)»

Table 5

The results of the correlation analysis between the indicators in test № 3 “Romberg (EC)”

	Правая / Right	Левая / Left	Плюсна / Metatarsal	Пятка / Heel	Q1	Q2	Q3	Q4
Правая/ Right	1,000	-1,000*	-0,005	0,004	-0,260	0,247	-0,343	0,436*
Левая/ Left		1,000	0,005	-0,004	0,260	-0,247	0,343	-0,436*
Плюсна/ Metatarsal			1,000	-0,995*	0,883*	0,876*	-0,817*	-0,784*
Пятка/ Heel				1,000	-0,889*	-0,866*	0,824*	0,774*
Q1					1,000	0,583*	-0,774*	-0,688*
Q2						1,000	-0,687*	-0,735*
Q3							1,000	0,344
Q4								1,000

Примечание: \*Наличие корреляционной зависимости на уровне значимости  $\alpha \pm 0,05$ .

Note: \*The presence of correlation dependence at the significance level  $\alpha \pm 0.05$ .

для тестов № 1 и 3 (рис. 6). Помимо положительной связи отмечаем наличие отрицательной связи в передне-заднем направлении между сегментами плюсны и пятки. Такой вид взаимосвязи в тесте № 2 мы назвали «сагиттально-параллельный баланс» (sagittal-parallel balance), он представлен на рисунке 8.

— В тесте № 1 (основная стойка) наблюдаем перекрестное взаимодействие в передне-заднем направлении между правой пяткой и левой плюсной. Для такого взаимодействия характерно, что в то время, когда

правая стопа нагружает правую пятку ( $Q4, r \pm 0,491$ ), левая смещает давление на левую плюсну ( $Q1, r \pm 0,396$ ). Такому виду баланса мы дали название «сагиттально-перекрестный баланс» (sagittal-cross balance), схема которого представлена на рисунке 7.

— В тесте № 3 (проба Ромберга ЗГ) взаимосвязь в передне-заднем направлении отличается от тестов № 1 и 2. Для Ромберга ЗГ очевидна прямая зависимость между подошвенным давлением правой стопы и одноименной пятки ( $r \pm 0,436$ ), а с давлением левой стопы — обратная

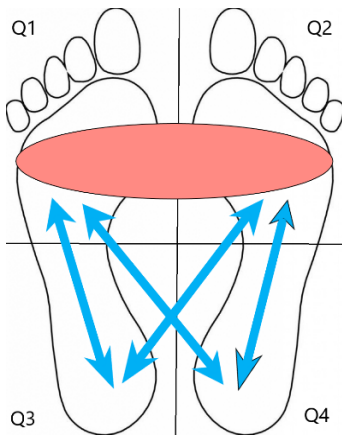


Рис. 5. Схема взаимосвязи между показателями величины давления под правой и левой стопой в трех тестах (эллипс — положительная связь, стрелки — отрицательная связь)  
Fig. 5. Figure of the relationship between the pressure values under the right and left foot in three tests (ellipse — positive relationship, arrows — negative relationship)

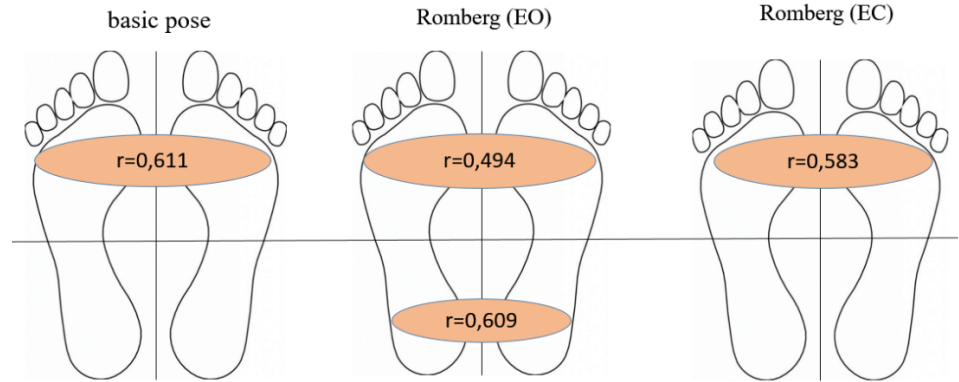


Рис. 6. Схема положительной связи в латеральном направлении в трех тестах  
Fig. 6. The scheme of positive communication in the lateral direction in 3 tests

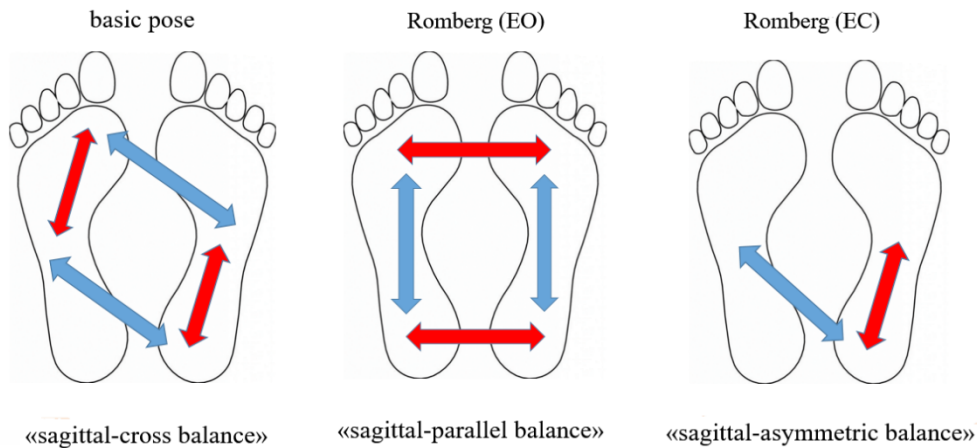


Рис. 7. Схема корреляционной связи между правой и левой стопой и сегментами Q1–Q4 в передне-заднем направлении (красные стрелки — положительная связь, синие — отрицательная связь)  
Fig. 7. The scheme of correlation between the right and left foot and segments Q1–Q4 in the anterior-posterior direction (red arrows — positive connection, blue — negative connection)

корреляционная связь ( $r \pm -0,343$ ). Такой вид связи получил название «сагиттально-асимметричный баланс» (sagittal-asymmetric balance) и представлен схемой на рис. 7.

Таким образом, регулирование позой у гимнасток не ограничивается только стандартной схемой взаимодействия: латеральной (между правой — левой стопой) и сагиттальной (между передней — задней частью стопы). Даже в простых для гимнасток балансовых упражнениях мы наблюдаем разнообразные схемы перераспределения подошвенного давления. Такое разнообразие видов регуляции подошвенным давлением в двуногих

позах, на наш взгляд, определяет способность опытных гимнасток осуществлять больший контроль над позой. Это подтверждает общепринятое мнение о том, что гимнастки демонстрируют лучшие навыки по поддержанию пострурального баланса по сравнению с представителями других видов спорта [6, 24–26].

Кроме этого, мы предполагаем наличие характерных мышечных синергий для каждой позы. И это нуждается в проведении дополнительного исследования.

Количественная оценка пострурального колебания проводилась с использованием переменных центра давления (ЦД). Сравнение траектории движения центра

Таблица 6

**Показатели траектории центра давления (мм) под правой-левой стопой в пробе Ромберга с открытыми и закрытыми глазами**

Table 6

**Indicators of the trajectory of the center of pressure (mm) under the right-left foot in the Romberg sample with open and closed eyes**

Показатели под левой — правой стопой с открытыми глазами / Indicators under the left — right foot with open gases	Траектория центра давления (Traveled distance), мм		Уровень значимости
	Левая стопа	Правая стопа	<i>p</i>
Проба Ромберга (ОГ) / Romberg (EO)	32,14 ± 15,34	28,22 ± 10,98	> 0,05
Проба Ромберга (ЗГ) / Romberg (EC)	44 ± 18,11	44,09 ± 14,2	> 0,05
Уровень значимости ( <i>p</i> )	< 0,001	< 0,001	

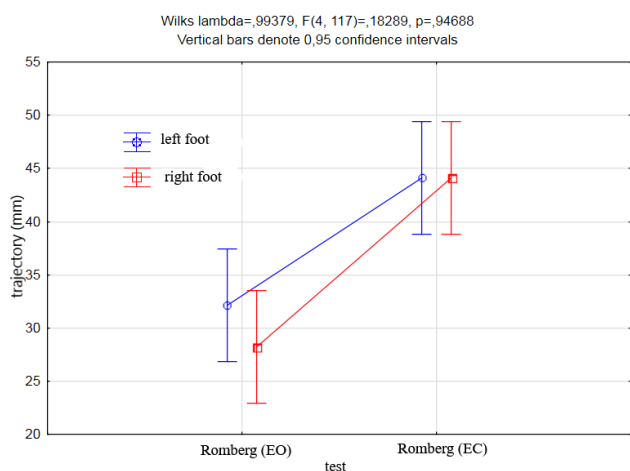


Рис. 8. Показатель траектории движения центра давления под правой и левой стопой в пробе Ромберга с ОГ и ЗГ  
Fig. 8. The indicator of the trajectory of the center of pressure under the right and left foot in the Romberg sample with EO and EC

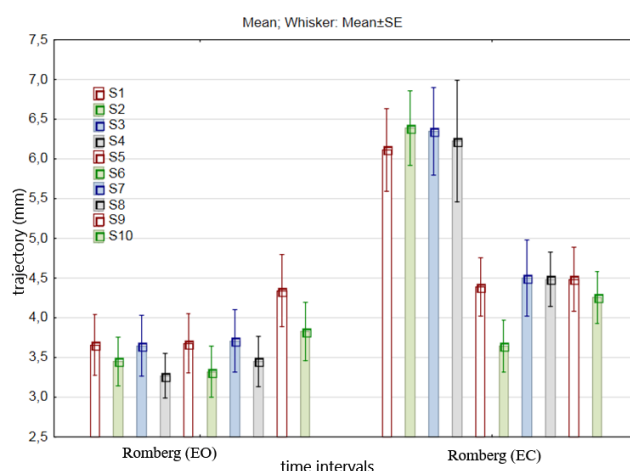


Рис. 9. Траектория движения центра давления в позе Ромберга с ОГ и ЗГ по интервалам  
Fig. 9. The trajectory of the pressure center in the Romberg pose with EO and EC at intervals

Таблица 7

**Траектория движения центра давления S (мм) в позах с открытыми и закрытыми глазами с интервалами времени от 3 секунды**

Table 7

**Trajectory of the pressure center S (mm) in poses with open and closed eyes at time intervals of 3 seconds**

Интервалы в секундах / Intervals in seconds	Ромберг с открытыми глазами / Romberg (EO)	Ромберг с закрытыми глазами / Romberg (EC)	Уровень значимости <i>p</i>
1 (0–3)	3,66 ± 2,14	6,11 ± 2,89	< 0,0003
2 (3–6)	3,45 ± 1,72	6,39 ± 2,61	< 0,000002
3 (6–9)	3,65 ± 2,14	6,35 ± 3,07	< 0,0001
4 (9–12)	3,27 ± 1,58	6,23 ± 4,26	< 0,0006
5 (12–15)	3,68 ± 2,09	4,39 ± 2,03	> 0,18
6 (15–18)	3,32 ± 1,81	3,65 ± 1,83	> 0,48
7 (18–21)	3,71 ± 2,19	4,50 ± 2,66	> 0,204
8 (21–24)	3,45 ± 1,74	4,48 ± 1,90	< 0,029
9 (24–27)	4,34 ± 2,52	4,48 ± 2,23	> 0,815
10 (27–30)	3,83 ± 2,06	4,26 ± 1,81	> 0,387

давления между правой и левой стопой внутри тестов не выявило значимых отличий, характеризую их сбалансированное участие в сохранении позы (см. табл. 6). Кроме этого, сравнивая оба теста между собой, мы наблюдаем значительное увеличение движения центра давления гимнасток в условиях депривации зрения. Стоит также отметить значительную вариативность полученных результатов (см. рис. 8). Что, вероятно, явилось одной из причин отсутствия различий внутри и между тестами по другим количественным показателям разброса ЦД: SD площади эллипса и его осей (Ellips principal axis, Ellips secondary axis — главной и вторичной).

Для уточнения особенностей пострального колебания гимнасток в зависимости от длительности сохранения позы была выполнена интервальная фиксация количественных показателей движения ЦД. Запись показателей регистрировала изменения положения ЦД в 10 интервалах, продолжительностью каждый 3 секунды.

Отмечаем значительные различия в изменении траектории движения ЦД в тестах с 1 по 4 интервал (см. табл. 7). Через 12 секунд наблюдаем стабилизацию позы с закрытыми глазами, значимо не отличающуюся от позы с открытыми глазами, хотя и имеющую более вариативный характер колебаний ЦД (рис. 9).

Влияние зрения на сохранение позы в спорте неоднократно изучалось исследователями. Определено, что постральные характеристики ухудшались при удалении визуальной информации у представителей разных видов спорта [2, 18, 27]. В нашем исследовании не выявлены значимые отличия между двуногой позой с открытыми и закрытыми глазами у опытных гимнасток. Что согласуется с выводами Asseman et al. (2005), а также Vuillerme et al. (2001 и 2004) о том, что гимнасты значительно меньше зависят от зрения по сравнению

с другими спортсменами [16, 28–30]. Авторы считают, что гимнасты способны смещать сенсомоторное доминирование со зрения на проприоцептивный анализатор. Результаты сравнительного анализа траектории движения ЦД по интервалам в позе с открытыми и закрытыми глазами, полученные в нашем исследовании, это подтверждают. Выявлено, что колебание тела гимнастки значимо увеличивается в позе с закрытыми глазами первые 12 секунд. Последующие интервалы в этих позах не отличаются траекторией движения ЦД. Очевидно, это латентное время связано с «поиском» баланса в условиях депривации зрения и передачи пострального контроля проприоцептивному анализатору. Этот факт можно объяснить тем, что для спортивной тренировки характерно ограничение визуального контроля при выполнении специфических упражнений художественной гимнастики и опытные гимнастки способны эффективно с этим справляться.

#### 4. Выводы

1. Выявлен асимметричный паттерн сохранения равновесия в стойках с опорой на две ноги у опытных гимнасток.

2. Регуляция позы в них происходит преимущественно в передне-заднем направлении — голеностопная стратегия, но имеет ряд особенностей:

— для основной стойки характерен сагиттально-перекрестный баланс;

— для пробы Ромберга ОГ — сагиттально-параллельный баланс;

— для пробы Ромберга ЗГ — сагиттально-асимметричный баланс.

3. Депривация зрения в пробе Ромберга значимо увеличивает траекторию движения центра давления в целом и особенно значимо первые 12 сек.

#### Authors' contributions:

**Liliya A. Konovalova** — concept and design of the study, collection and processing of material, writing the article text, editing, approval of the final version of the article.

**Radivoj Vasiljev** — concept and design of the study, collection and processing of material, statistical data processing, editing.

**Liliya G. Lysenko** — collection and processing of material, writing the article text, statistical data processing.

All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

#### Вклад авторов:

**Коновалова Лилия Александровна** — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

**Васильев Радивой** — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, редактирование.

**Лысенко Лилия Геннадьевна** — сбор и обработка материала, написание текста статьи, статистическая обработка данных.

Все авторы прочли и согласились с опубликованной версией рукописи.

#### Список литературы

1. Литвиненко Ю.В., Садовски Е., Нижниковски Т., Болобан В.Н. Статодинамическая устойчивость тела гимнасток высокой квалификации. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. 2015;19(1):46–51. <https://doi.org/10.15561/18189172.2015.0109>

2. Boloban V.N. Regulation of body positioning of an athlete. Kyiv: Olympic literature; 2013.

#### References

1. Litvinenko Y.V., Sadowski J., Niznikowski T., Boloban V.N. Static-dynamic stability of the body gymnasts qualifications. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2015;19(1):46–51 (In Russ.). <https://doi.org/10.15561/18189172.2015.0109>

2. Boloban V.N. Regulation of body positioning of an athlete. Kyiv: Olympic literature; 2013.



3. **Paillard T.** Sport-Specific Balance Develops Specific Postural Skills. *Sports Med.* 2014;44(7):1019–1020. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0174-x>
4. **Paillard T.** Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills. *Front. Psychol.* 2019;10:1428. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01428>
5. **Zemková E.** Sport-specific balance. *Sports Medicine.* 2014;44(5):579–590. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0130-1>
6. **Andreeva A., Melnikov A., Skvortsov D., Akhmerova K., Vavaev A., Golov A., et al.** Postural stability in athletes: The role of sport direction. *Gait Posture.* 2021;89:120–125. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.07.005>
7. **Calavalle A.R., Sisti D., Rocchi M.B.L., Panebianco R., Del Sal M., Stocchi V.** Postural trials: expertise in rhythmic gymnastics increases control in lateral directions. *European journal of applied physiology.* 2008;104(4):643–649. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0815-6>
8. **Gobbi G., Galli D., Carubbi C., Pelosi A., Lillia M., Gatti R., et al.** Assessment of body plantar pressure in elite athletes: an observational study. *Sport Sci. Health.* 2013;9(1):13–18. <https://doi.org/10.1007/s11332-013-0139-8>
9. **Huang P., Liang M., Ren F.** Assessment of Long-Term Badminton Experience on Foot Posture Index and Plantar Pressure Distribution. *Appl. Bionics Biomech.* 2019;2019:8082967. <https://doi.org/10.1155/2019/8082967>
10. **Marcolin G., Grainer A., Reggiani C., Bisiacchi P., Cona G., Petrone N., et al.** Static and Dynamic Postural Changes after a Mountain Ultra-Marathon of 80 km and 5500 D+. *PLoS ONE*, 2016;11(5):e0155085. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155085>
11. **Sobera M., Rutkowska-Kucharska A.** Postural control in female rhythmic gymnasts in selected balance exercises: a study of two cases. *Pol. J. Sport Tour.* 2019; 26(1):3–7. <https://doi.org/10.2478/pjst-2019-0001>
12. **Agopyan A., Örs B.S.** An analysis of variations in body movement difficulty of 2016 Olympic Games rhythmic gymnast candidates. *Int. J. Perform. Anal. Sport.* 2019;19(3):417–434. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1617017>
13. **Коновалова Л.А., Карпеева Д.А.** Стратегии управления устойчивостью тела в сложных статических равновесиях художественной гимнастики. *Наука и спорт: современные тенденции.* 2019;22(1):139–144.
14. **Крайнова Т.В., Бердичевская Е.М.** Возрастная динамика стабилографических характеристик позной устойчивости юных спортсменок на этапе начальной подготовки в эстетической гимнастике. *Физическая культура, спорт-наука и практика.* 2016;(3):67–72.
15. **Shigaki L., Rabello L.M., Camargo M.Z., Santos V.B. da C., Gil A.W. de O., Oliveira M.R. de, et al.** Comparative analysis of one-foot balance in rhythmic gymnastics athletes. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2013;19:104–107. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000200006>
16. **Asseman F.B., Caron O., Crémieux J.** Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture.* 2008;27(1):76–81. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.01.004>
17. **Blenkinsop G.M., Pain M.T., Hiley M.J.** Balance control strategies during perturbed and unperturbed balance in standing and handstand. *R. Soc. Open Sci.* 2017;4(7):161018. <https://doi.org/10.1098/rsos.161018>
18. **Isableu B., Hlavackova P., Diot B., Vuillerme N.** Regularity of center of pressure trajectories in expert gymnasts during. *Sports Med.* 2014;44(7):1019–1020. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0174-x>
4. **Paillard T.** Relationship Between Sport Expertise and Postural Skills. *Front. Psychol.* 2019;10:1428. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01428>
5. **Zemková E.** Sport-specific balance. *Sports Medicine.* 2014;44(5):579–590. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0130-1>
6. **Andreeva A., Melnikov A., Skvortsov D., Akhmerova K., Vavaev A., Golov A., et al.** Postural stability in athletes: The role of sport direction. *Gait Posture.* 2021;89:120–125. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.07.005>
7. **Calavalle A.R., Sisti D., Rocchi M.B.L., Panebianco R., Del Sal M., Stocchi V.** Postural trials: expertise in rhythmic gymnastics increases control in lateral directions. *European journal of applied physiology.* 2008;104(4):643–649. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0815-6>
8. **Gobbi G., Galli D., Carubbi C., Pelosi A., Lillia M., Gatti R., et al.** Assessment of body plantar pressure in elite athletes: an observational study. *Sport Sci. Health.* 2013;9(1):13–18. <https://doi.org/10.1007/s11332-013-0139-8>
9. **Huang P., Liang M., Ren F.** Assessment of Long-Term Badminton Experience on Foot Posture Index and Plantar Pressure Distribution. *Appl. Bionics Biomech.* 2019;2019:8082967. <https://doi.org/10.1155/2019/8082967>
10. **Marcolin G., Grainer A., Reggiani C., Bisiacchi P., Cona G., Petrone N., et al.** Static and Dynamic Postural Changes after a Mountain Ultra-Marathon of 80 km and 5500 D+. *PLoS ONE*, 2016;11(5):e0155085. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155085>
11. **Sobera M., Rutkowska-Kucharska A.** Postural control in female rhythmic gymnasts in selected balance exercises: a study of two cases. *Pol. J. Sport Tour.* 2019; 26(1):3–7. <https://doi.org/10.2478/pjst-2019-0001>
12. **Agopyan A., Örs B.S.** An analysis of variations in body movement difficulty of 2016 Olympic Games rhythmic gymnast candidates. *Int. J. Perform. Anal. Sport.* 2019;19(3):417–434. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1617017>
13. **Konvalova 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;22(1):139–144 (In Russ.).
14. **Kraynova T.T., Berdichevskaya E.M.** Stabilographic characteristics of the sports posture in view of the sportswomen functional asymmetry at the stage of basic training in aesthetic gymnastics. *Fizicheskaya kul'tura, sport — nauka i praktika = Physical Culture, Sport — Science and Practice.* 2016;(3):67–72 (In Russ.).
15. **Shigaki L., Rabello L.M., Camargo M.Z., Santos V.B. da C., Gil A.W. de O., Oliveira M.R. de, et al.** Comparative analysis of one-foot balance in rhythmic gymnastics athletes. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2013;19:104–107. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000200006>
16. **Asseman F.B., Caron O., Crémieux J.** Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture.* 2008;27(1):76–81. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.01.004>
17. **Blenkinsop G.M., Pain M.T., Hiley M.J.** Balance control strategies during perturbed and unperturbed balance in standing and handstand. *R. Soc. Open Sci.* 2017;4(7):161018. <https://doi.org/10.1098/rsos.161018>
18. **Isableu B., Hlavackova P., Diot B., Vuillerme N.** Regularity of center of pressure trajectories in expert gymnasts during.

ing bipedal closed-eyes quiet standing. *Front. Hum. Neurosci.* 2017;11:317. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00317>

19. **Назаренко А.С.** СтатокINETическая устойчивость спортсменов различных специализаций. Казань: Олитех; 2018.

20. **Vasiljev R., Vasiljeva I.** Mechanism of pose regulation and distribution characteristics under feet in air-gun shooters. *Footwear Sci.* 2009;1(sup1):67–69. <https://doi.org/10.1080/19424280902977343>

21. **Vasiljev R., Rubin P., Vasiljev I.A., Milosavljevic S.** Level of stability and load feet in female and male basketball players before and after trainings. In: *Proceedings of XXIVrd ISB Congress in Natal–Brazil* [internet]; 2013. Available at: <https://media.isbweb.org/images/conferences/isb-congresses/2013/poster/ps1-16f.pdf>

22. **Azevedo R.R., da Rocha E.S., Franco P.S., Carpes F.P.** Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. *Phys. Ther. Sport.* 2017; 24:39–43. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.001>

23. **Замчий Т.П., Ложкина-Гамецкая Н.И., Спатаева М.Х.** Асимметрия в поддержании вертикальной позы у спортсменов разных специализаций. *Современные проблемы науки и образования.* 2014;(3):610.

24. **Busquets A., Ferrer-Uris B., Angulo-Barroso R., Federolf P.** Gymnastics Experience Enhances the Development of Bipedal-Stance Multi-Segmental Coordination and Control During Proprioceptive Reweighting. *Front. Psychol.* 2021;12:661312. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.661312>

25. **García C., Barela J., Viana A., Barela A.** Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neurosci. Lett.* 2011;492:29–32. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.047>

26. **Guimaraes-Ribeiro D., Hernández-Suárez M., Rodríguez-Ruiz D., García-Manso J.M.** Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Rev. Andal. Med. Deporte.* 2015;8(2):54–60. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.11.001>

27. **Rodrigues S.T., Gotardi G.C., Aguiar S.A.** Effects of Vision on Postural Control in Neurologically Healthy Individuals. In: **Barbieri F.A., Vityrio R.** *Locomotion and Posture in Older Adults: The Role of Aging and Movement Disorders.* Cham: Springer International Publishing; 2017, c. 219–236. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48980-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48980-3_15)

28. **Asseman F., Caron O., Crémieux J.** Effects of the Removal of Vision on Body Sway During Different Postures in Elite Gymnasts. *Int. J. Sports Med.* 2005;26(2):116–119. <https://doi.org/10.1055/s-2004-830529>

29. **Vuillerme N., Nougier V.** Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Res. Bull.* 2004;63(2):161–165. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2004.02.006>

30. **Vuillerme N., Teasdale N., Nougier V.** The effect of expertise in gymnastics on proprioceptive sensory integration in human subjects. *Neurosci. Lett.* 2001; 311(2):73–76. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02147-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02147-4)

ing bipedal closed-eyes quiet standing. *Front. Hum. Neurosci.* 2017;11:317. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00317>

19. **Nazarenko A.S.** Statokinetic stability of athletes of various specializations. Kазan: Olitech Publ.; 2018 (In Russ.).

20. **Vasiljev R., Vasiljeva I.** Mechanism of pose regulation and distribution characteristics under feet in air-gun shooters. *Footwear Sci.* 2009;1(sup1):67–69. <https://doi.org/10.1080/19424280902977343>

21. **Vasiljev R., Rubin P., Vasiljev I.A., Milosavljevic S.** Level of stability and load feet in female and male basketball players before and after trainings. In: *Proceedings of XXIVrd ISB Congress in Natal–Brazil* [internet]; 2013. Available at: <https://media.isbweb.org/images/conferences/isb-congresses/2013/poster/ps1-16f.pdf>

22. **Azevedo R.R., da Rocha E.S., Franco P.S., Carpes F.P.** Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. *Phys. Ther. Sport.* 2017; 24:39–43. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.001>

23. **Zamchiy T.P., Lozhkina-Gametskaya N.I., Spataeva M.Kh.** Asymmetry in maintaining an upright posture in athletes of different specializations. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education.* 2014;(3):610 (In Russ.).

24. **Busquets A., Ferrer-Uris B., Angulo-Barroso R., Federolf P.** Gymnastics Experience Enhances the Development of Bipedal-Stance Multi-Segmental Coordination and Control During Proprioceptive Reweighting. *Front. Psychol.* 2021;12:661312. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.661312>

25. **García C., Barela J., Viana A., Barela A.** Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neurosci. Lett.* 2011;492:29–32. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.047>

26. **Guimaraes-Ribeiro D., Hernández-Suárez M., Rodríguez-Ruiz D., García-Manso J.M.** Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Rev. Andal. Med. Deporte.* 2015;8(2):54–60. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.11.001>

27. **Rodrigues S.T., Gotardi G.C., Aguiar S.A.** Effects of Vision on Postural Control in Neurologically Healthy Individuals. In: **Barbieri F.A., Vityrio R.** *Locomotion and Posture in Older Adults: The Role of Aging and Movement Disorders.* Cham: Springer International Publishing; 2017, c. 219–236. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48980-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48980-3_15)

28. **Asseman F., Caron O., Crémieux J.** Effects of the Removal of Vision on Body Sway During Different Postures in Elite Gymnasts. *Int. J. Sports Med.* 2005;26(2):116–119. <https://doi.org/10.1055/s-2004-830529>

29. **Vuillerme N., Nougier V.** Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Res. Bull.* 2004;63(2):161–165. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2004.02.006>

30. **Vuillerme N., Teasdale N., Nougier V.** The effect of expertise in gymnastics on proprioceptive sensory integration in human subjects. *Neurosci. Lett.* 2001; 311(2):73–76. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02147-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02147-4)

#### Информация об авторах:

**Коновалова Лилия Александровна\***, к.пед.н., доцент кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Россия, 420010, Казань, Деревня Универсиады, 35. ORCID: <https://0000-0001-8313-1257> (lilykonovalov@yandex.ru)

**Васильев Радивой**, к.пед.н., старший научный сотрудник лаборатории биомеханики спорта научно-исследовательского института физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Россия, 420010, Казань, Деревня Универсиады, 35. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6563-0199> (radivojv@gmail.com)

**Лысенко Лилия Геннадьевна**, магистрант института физической культуры ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Россия, 420010, Казань, Деревня Универсиады, 35 (lilya\_lysenko\_99@mail.ru)

**Information about the authors:**

**Liliya A. Konovalova\***, Ph.D. (Pedagogy), Associate Professor of the department of theory and methods of gymnastics, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, 35, Universiade Village, Kazan, 420010, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8313-1257> (lilykonovalov@yandex.ru)

**Radivoj Vasiljev**, Ph.D. (Pedagogy), Senior Researcher of the Educational and Scientific Center for the Training of Sports Reserve, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, 35, Universiade Village, Kazan, 420010, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-00026563-0199> (radivojv@gmail.com)

**Liliya G. Lysenko**, master's student of the Institute of Physical Culture, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, 35, Universiade Village, Kazan, 420010, Russia (lilya\_lysenko\_99@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.8>

УДК: 612.171.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов. Часть 1. Нормативные показатели

А.С. Шарыкин<sup>1,3,4,\*</sup>, В.А. Бадтиева<sup>1,2</sup>, Ю.М. Иванова<sup>1</sup>, Д.М. Усманов<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить пригодность существующих отечественных и международных рекомендаций по использованию ЭхоКГ в качестве скрининговой методики обследования спортсменов; выбрать нормативы, характеризующие сердце в разных видах спорта на основании собственных исследований.

**Материалы и методы:** проведен метаанализ 38 отечественных и зарубежных источников литературы по результатам эхокардиографического обследования спортсменов. Изучены показатели 2647 спортсменов-мужчин в возрасте от 16 до 45 лет, выступающих за сборные команды Москвы и прошедших углубленное медицинское обследование на базе Клиники спортивной медицины МНПЦМРВиСМ ДЗ г. Москвы.

**Результаты:** размеры сердца у спортсменов незначительно отличаются от популяционных показателей, однако в 14–45% случаев выходят за референсные значения. В отсутствие заболеваний сердца наибольшие размеры левого желудочка (ЛЖ) отмечаются у лиц, тренирующихся выносливостью. При этом высокие функциональные возможности коррелируют с увеличенным объемом ЛЖ, индексированным по ППТ (для КДО/ППТ и  $VO_2$  ПАНО  $r = 0,52, p < 0,05$ ).

**Заключение:** эхокардиографический скрининг спортсменов позволяет получить достаточную информацию для выявления врожденной или возникшей в процессе чрезмерных тренировочных нагрузок патологии. В качестве нормативов целесообразно использовать популяционные показатели, выраженные в центильных величинах.

**Ключевые слова:** спортсмены, внезапная сердечная смерть, гипертрофия, внезапная остановка сердца, эхокардиография

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

**Для цитирования:** Шарыкин А.С., Бадтиева В.А., Иванова Ю.М., Усманов Д.М. Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов. Часть 1. Нормативные показатели. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):72–83. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.8>

Поступила в редакцию: 23.05.2022

Принята к публикации: 12.10.2022

Online first: 15.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\*Автор, ответственный за переписку



## Possibilities of echocardiographic screening in athletes. Part 1. Normal values

Alexander S. Sharykin<sup>1,3,4,\*</sup>, Viktoria A. Badtieva<sup>1,2</sup>, Iuliia M. Ivanova<sup>1</sup>, Dmitriy M. Usmanov

<sup>1</sup> Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Moscow, Russia

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

<sup>3</sup> Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** assess the suitability of existing domestic and international recommendations for the use of echocardiography as a screening method for examining athletes; to select standards that characterize the heart in different sports, based on their own research.

**Materials and methods:** a meta-analysis of 38 domestic and foreign literature sources based on the results of an echocardiographic examination of athletes was carried out. The indicators of 2647 male athletes aged 16 to 45 years old, playing for the national teams of the city of Moscow and having passed an in-depth medical examination at the Sports Medicine Clinic, were studied.

**Results:** heart sizes in athletes differ slightly from population indicators, however, in 14–45% of cases they go beyond the reference values. In the absence of heart disease, the largest dimensions of the left ventricle (LV) are observed in endurance exercisers. At the same time, high functionality correlates with increased LV volume indexed by BCA (for EDV/BSA and  $VO_2$  AT  $r = 0.52$ ,  $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** echocardiographic screening of athletes allows obtaining sufficient information to identify congenital or pathology that has arisen during excessive training loads. As standards, it is advisable to use population indicators expressed in centile values.

**Keywords:** athletes, sudden cardiac death, hypertrophy, sudden cardiac arrest, echocardiography

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

**For citation:** Sharykin A.S., Badtieva V.A., Ivanova Iu.M., Usmanov D.M. Possibilities of echocardiographic screening in athletes. Part 1. Normal values. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):72–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.8>

**Received:** 23 May 2022

**Accepted:** 12 October 2022

**Online first:** 15 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\*Corresponding author

### 1. Введение

Медицинское обследование спортсменов, существующее в большинстве стран, сконцентрировано в основном на выявлении жизнеопасных заболеваний, приводящих к внезапной остановке сердца (ВОС). Трагические эпизоды включают различные острые расстройства кровообращения, большинство которых связаны непосредственно с сердцем [1]. Термин «внезапная сердечная смерть» (ВСС) используется в следующих случаях:

- погибший при жизни имел врожденное или приобретенное, потенциально опасное для жизни заболевание сердца;
- при вскрытии обнаружено заболевание сердца или сосудов, которое могло быть причиной внезапной смерти;
- при вскрытии не выявлено структурной патологии при макроскопическом и гистологическом исследовании, исключены другие внесердечные причины смерти и предполагается, что смерть могла быть вызвана аритмией.

В последних случаях иногда используется синоним «Внезапная необъяснимая смерть с отрицательным результатом вскрытия» [2]. Данная картина наблюдается примерно у 44% умерших спортсменов [3]. Так как внезапные смерти наиболее часто связывают с аритмиями, в большинстве европейских стран проводят целенаправленный сбор анамнеза, физикальное обследование и ЭКГ в 12 отведениях [4–7]. Для удешевления скрининга некоторые страны, включая США, рекомендуют проводить его без ЭКГ (и, конечно, без ЭхоКГ) из-за их высокой стоимости [8–12]. Тем не менее к настоящему времени достигнут определенный консенсус, определивший безобидные, пограничные и патологические изменения ЭКГ у спортсменов в соответствии с возрастом, полом, этнической принадлежностью и типом спорта [13], который показал необходимость использования ЭКГ и позволил унифицировать работу спортивных врачей.

Другим разделом обследования спортсменов является визуализация сердца, особенно при подозрении на его органические поражения. Основным средством

для этого является трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ). Однако ее применение затрудняется отсутствием четких нормативных показателей для спортсменов, что не позволяет выбрать единую или универсальную стратегию скрининга. В результате существует определенная врачебная автономия, которая основывается на известных рисках ВОС/ВСС в целевых популяциях спортсменов, доступной инфраструктуре и кардиологических ресурсах.

Целью настоящей работы является анализ существующих отечественных и международных рекомендаций по использованию ЭхоКГ при обследовании спортсменов в качестве скрининговой методики, а также результаты собственных исследований для выбора нормативных показателей сердца в различных видах спорта.

## 2. Материалы и методы

Проведен анализ наиболее валидных отечественных и зарубежных работ (38 источников), а также результатов обследований спортсменов на базе Клиники спортивной медицины МНПЦМРВиСМ с целью определить наиболее типичные отклонения эхокардиографических характеристик сердца от популяционных нормативов. МНПЦМРВиСМ ДЗ г. Москвы является центром, в котором осуществляется медицинский контроль за спортсменами сборных команд национального уровня по разным видам спорта. В данной работе использованы данные 2647 спортсменов мужского пола в возрасте от 16 до 45 лет, выступающих за сборные команды Москвы и прошедших полный спектр обследований в межсоревновательном периоде. Критерием отбора было отсутствие какой-либо патологии сердечно-сосудистой системы — структурной или электрической — и соревновательный стаж не менее трех лет.

Эхокардиографические измерения выполнены на приборах Philips Epiq Elit и GE E90 (США) в соответствии с международными рекомендациями [14–16].

## Структурные границы нормального сердца

При эхокардиографическом исследовании спортсменов существуют две основные задачи.

1. Выявить предсуществующие заболевания, которые не проявляются или проявляются в данный момент клинически и могут иметь определенные структурные и функциональные последствия для сердца при систематических спортивных нагрузках.

2. Выявить изменения сердца, которые являются следствием неадекватных для данного спортсмена физических нагрузок или употребления запрещенных препаратов.

В первую группу можно отнести все патологии, обозначенные в табл. 1. Во вторую группу должны быть включены чрезмерные дилатации и/или гипертрофии левых или правых отделов сердца, отражающие несоответствие возможностей сердца нагрузкам при данном виде спорта, а также дилатация аорты.

Среди лиц без сердечно-сосудистых заболеваний к фатальным и не фатальным сердечным эпизодам наиболее часто приводят гипертрофия ЛЖ, его диастолическая дисфункция, дилатация левого предсердия и корня аорты [17]. В среднем размеры и масса спортивного сердца обычно больше, чем сердца у лиц, ведущих сидячий образ жизни, что и вызывает наиболее частые опасения. Однако эти показатели, как правило, незначительно выходят за рамки популяционных значений. В связи с этим основой скрининга является сопоставление размеров сердца, измеренных у спортсмена, с принятыми нормативами для всей популяции. Для выявления патологической дилатации левого желудочка наиболее часто проводят оценку его КДР и КДО, предельные значения которых в популяции составляют 60 мм (32 мм/м<sup>2</sup>) и 150 мл (75 мл/м<sup>2</sup>) соответственно [14–15]. Толщина задней стенки (ТЗС) левого желудочка не должна превышать 12 мм. Для экстремально крупных спортсменов (ППТ > 2,3 м<sup>2</sup>) толщина

Таблица 1

### Заболевания, требующие обязательного эхокардиографического исследования

Table 1

#### Diseases requiring mandatory echocardiographic examination

Варианты заболеваний	Соответствующие структурные изменения сердца и магистральных сосудов
Заболевания миокарда	ГКМП, АКПЖ, ДКМП, миокардит (в т. ч. постковидный)
Заболевания клапанов	ПМК, легочный стеноз, ДАК в сочетании с дилатацией аорты и/или его дисфункцией
Заболевания коронарных артерий	Врожденные аномалии отхождения и расположения коронарных артерий
Заболевания аорты	Дилатация аорты: изолированная, в сочетании с синдромом Марфана или ДАК
Подозрение на употребление запрещенных субстанций	Гипертрофия миокарда в сочетании с диастолической дисфункцией, региональные дискинезии миокарда

Примечание. ГКМП — гипертрофическая кардиомиопатия, АКПЖ — аритмогенная кардиопатия правого желудочка, ДКМП — дилатационная кардиомиопатия, ДАК — двустворчатый аортальный клапан. \* Частота зависит от популяций, подвергающихся исследованию.

стенки ЛЖ не должна превышать 14 мм, а КДР ЛЖ — 65 мм [18].

При оценке массы и вида гипертрофии левого желудочка используют референсные значения индекса массы миокарда (ИММ), равные 115 г/м<sup>2</sup> (95 г/м<sup>2</sup> для женщин) и величину 0,42 для относительной толщины стенки левого желудочка (ОТС).

Размеры левого предсердия у спортсменов обычно больше, чем в контрольных группах, но за исключением элитных атлетов редко превышают популяционные нормы (40 мм или 23 мм/м<sup>2</sup>). Чрезмерная дилатация чревата развитием фибрилляции предсердий.

Оценка размеров аорты по абсолютной величине остается достаточно консервативной (табл. 2). Дилатация аорты может отражать структурную неполноценность ее стенки и предрасположенность к расслоению или разрыву. Расширенный корень аорты (> 40 мм, 99-й центиль) не является признаком спортивного сердца и встречается у молодых спортсменов лишь в незначительном количестве случаев (0,3%) [19]. По данным интернационального регистра расслоение аорты в 34% случаев происходит при диаметре аорты более 45 мм, а в 57,2% — при диаметре более 50 мм [20]. Тем не менее американские руководства предлагают мужчинам с корнем аорты 40 мм (41 мм у высоких мужчин) и женщины с корнем аорты 36 мм (36–38 мм у высоких женщин) участвовать только в низкоинтенсивных спортивных соревнованиях [16]. Факторами риска являются пожилой возраст, мужской пол, многолетний анамнез артериальной гипертензии. Однако пациенты с генетическими заболеваниями соединительной ткани (синдромы Марфана, Лойса—Дитца, Тернера или Элерса—Данлоса), а также пациенты с двустворчатым аортальным клапаном (ДАК) имеют повышенный риск в более младшем возрасте [21].

При оценке по z-фактору (z-score) аневризматическое расширение констатируют при его величине >2 у лиц старше 20 лет или > 3 в возрасте до 20 лет.

При скрининговых исследованиях общепринятым является измерение аорты только на уровне синусов Вальсальвы (СВ). Однако случаи превышения нормативов регистрируют для всех отделов аорты. Более того, как было установлено нами, у юных спортсменов (1054 чел.) частота этих расширений достоверно

чаще локализуется в восходящей аорте, чем в синусах Вальсальвы (9,6% vs 3,4%,  $p < 0,001$ ). При этом размеры восходящей аорты умеренно коррелируют с ударным объемом сердца ( $r = 0,29$ ,  $p < 0,05$ ), а также максимальным потреблением кислорода при нагрузочном тестировании ( $r = 0,23$ ,  $p < 0,05$ ). Полученные данные свидетельствуют, что при систематических физических нагрузках основной гемодинамический удар выброса из левого желудочка принимает на себя преимущественно аорта в ее восходящей части. Таким образом, необходимо проводить измерение сосуда не только на общепринятом уровне (СВ), но вплоть до дуги аорты.

Из показателей функции ЛЖ используют преимущественно ударный объем (УО) и ударный индекс (УИ), фракцию выброса (ФВ), параметры диастолической функции (соотношение скоростей наполнения желудочка E/A) и глобальной продольной деформации (GLS, норма от -19 до -22% [23]).

При характеристике клапанной патологии и внутрисердечных шунтов широко применяется цветное картирование. Методики и оценка степени регургитации или шунтов аналогичны таковым у не спортсменов. Расширенная визуализация используется в конкретном поиске миокардита, ремоделирования правого желудочка (четырёхкамерная субкостальная проекция) и патологий коронарных артерий.

Как показывает опыт, выявление подавляющего количества патологий и соответствующие измерения можно выполнить при использовании трех основных эхокардиографических проекций (табл. 3).

Само исследование занимает около 15 мин., что соответствует данным других исследователей [24].

Полученные нами данные свидетельствуют, что перечисленные базовые параметры сердца у здоровых спортсменов под влиянием систематических упражнений изменяются достаточно медленно, и если все же выходят за рамки референсных значений, должны привлекать к себе внимание, т.к. могут свидетельствовать о наличии патологической дилатации или гипертрофии. В подобных случаях решающее значение для дифференциальной диагностики имеют функциональные показатели левого желудочка.

Наименьшие показатели регистрируют у лиц, занимающихся сложно-координационными видами

Таблица 2

**Нормальные размеры аорты у мужчин и женщин (адаптировано из [22])**

Table 2

**Normal aorta dimensions in men and women (adapted from [22])**

Уровни аорты	Абсолютные размеры (мм)			Индексированные размеры (мм/м <sup>2</sup> )		
	Муж.	<i>p</i>	Жен.	Муж.	<i>p</i>	Жен.
Синусы Вальсальвы	34 ± 3	< 0.001	30 ± 3	17 ± 2	<i>ns</i>	18 ± 2
Синотубулярное соединение	29 ± 3	< 0.001	26 ± 3	15 ± 2	<i>ns</i>	15 ± 2
Восходящая аорта	30 ± 4	< 0.001	27 ± 4	15 ± 2	<i>ns</i>	16 ± 3

Таблица 3

**Рекомендации по использованию отдельных эхокардиографических проекций  
при скрининговых обследованиях спортсменов**

Table 3

**Recommendations for the use of individual echocardiographic projections in the athletes' screening**

Проекция	Зона интереса	Измерения
Парастернальная проекция длинной оси	Наличие пролапса митрального клапана. Цветовое картирование на уровне митрального и аортального клапанов (наличие и величина регургитации или стеноза). Наличие межжелудочкового дефекта	Размер правого желудочка. Толщина межжелудочковой перегородки в конце диастолы (ТМЖП). Толщина задней стенки левого желудочка в конце диастолы (ТЗС ЛЖ). Конечно-диастолический размер левого желудочка (КДР ЛЖ). Размер левого предсердия. Диаметр синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения и восходящей аорты
Парастернальная проекция короткой оси	Уровень аортального клапана (диагностика ДАК). Место отхождения и диаметр устьев коронарных артерий. Цветовое картирование на уровне аортального и легочного клапанов (наличие и величина регургитации). Наличие межпредсердного или межжелудочкового дефекта, ОАП	ГСД на легочном клапане. Измерение толщины компактного и некомпактного миокарда ЛЖ (при подозрении на НМЛЖ)
Апикальная проекция четырех и трех камер	Размеры желудочков и предсердий. Цветовое картирование на уровне митрального, трикуспидального и аортального клапанов (наличие и величина регургитации). Наличие межпредсердного или межжелудочкового дефекта	Измерение давления в полости ПЖ. Измерение ГСД на аортальном клапане. Диастолическая функция ЛЖ

Примечания. ДАК — двустворчатый аортальный клапан; ЛЖ — левый желудочек; ПЖ — правый желудочек; ОАП — открытый артериальный проток; ГСД — градиент систолического давления; НМЛЖ — некомпактный миокард левого желудочка.

спорта, наибольшие — среди тренирующихся выносливость. Абсолютные и центильные величины для спортсменов, выступающих в разных видах спорта на национальном уровне, приведены в табл. 4.

Полученные референсные значения соответствуют большинству литературных данных разных лет, приведенных как для массового спорта, так и для элитных спортсменов [25–28].

Валидность указанных «нормальных» коридоров для линейных и объемных показателей сердца подтверждается кардиопульмональными тестами, выполненными нами у 1917 спортсменов. Нами доказано существование умеренных корреляций ( $r = 0,24-0,40$ ,  $p < 0,05$ ) между величиной КДР/ППТ с одной стороны и  $VO_2$  Peak,  $VO_2$  ПАНО и W Peak — с другой стороны. При тренировках, максимально направленных на увеличение выносливости, начинает доминировать корреляция с КДО/ППТ ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,05$ ). Таким образом, именно большие «удельные» емкости сердца обуславливают более высокие аэробные и мощностные показатели функциональных тестов. При этом средний уровень КДО/ППТ остается в пределах нормальных референсных значений ( $74,8 \pm 8,2$  мл/м<sup>2</sup>). Для изучения более

углубленных взаимосвязей между морфологическими характеристиками сердца и функциональными возможностями спортсменов необходимо накопление большего количества наблюдений в различных видах спорта.

Индексация размеров сердца по ППТ особенно важна у молодых лиц, т.к. позволяет оценивать состояние сердца при продолжении роста самого спортсмена. К примеру, в наших исследованиях было выявлено, что при увеличении возраста у юных спортсменов мужского пола растет и КДР ЛЖ [29]. В то же время при индексации этого показателя к площади поверхности тела он прогрессивно уменьшался (табл. 5).

При этом ни в одной группе не были превышены референсные популяционные показатели по абсолютной величине, но не по индексированной.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

До 80% спортсменов, перенесших ВОС, не имеют задокументированных предупреждающих симптомов во время скрининга и могут быть пропущены при оценке, сосредоточенной только на клинических признаках и симптомах [3]. ЭКГ улучшает диагностику, но не отражает большинство структурных изменений сердца.



Таблица 4

Эхокардиографические показатели (M ± SD, 5-й и 95-й центили) 2647 спортсменов-мужчин без сердечно-сосудистой патологии в возрасте 20,1 ± 5,5 года в зависимости от преобладающей спортивной нагрузки (собственные данные)

Table 4

Echocardiographic parameters (M ± SD, 5th and 95th centiles) of 2647 male athletes without cardiovascular pathology aged 20.1 ± 5.5 years, depending on the prevailing sports load (own data)

Показатели	Виды спорта							
	Сложно-координационные		Тренирующие силу		Смешанные		Тренирующие выносливость	
	Абс., (M ± SD)	5-95 центили	Абс., (M ± SD)	5-95 центили	Абс., (M ± SD)	5-95 центили	Абс., (M ± SD)	5-95 центили
Количество спортсменов	583	-	957	-	432	-	675	-
ППТ, м <sup>2</sup>	1,86 ± 0,15	1,63-2,15	1,94 ± 0,21*	1,92-2,31	1,99 ± 0,17*†	1,73-2,33	1,94 ± 0,14*‡	1,71-2,2
ТЗС ЛЖ	8,5 ± 1,1	7,0-10,0	9,3 ± 1,4*	9,0-11,8	8,9 ± 1,0*†	7,0-10,0	9,2 ± 1,0**	8,0-11,0
ТЗС ЛЖ/ППТ, мм/м <sup>2</sup>	4,5 ± 0,8	3,5-5,6	4,8 ± 0,8	4,7-6,2	4,5 ± 0,5	3,6-5,43	4,6 ± 0,9	3,7-5,6
КДРЛЖ, мм	48,3 ± 7,2	31-57	52,8 ± 4,5*	53-60	53,4 ± 3,8*†	47,0-60,0	53,9 ± 5,5*†	45,0-63,4*
КДР ЛЖ/ППТ, мм/м <sup>2</sup>	26,1 ± 4,0	16,8-30,5	27,4 ± 2,4*	27,3-31,2	27,0 ± 2,2*	23,5-30,8	27,7 ± 2,1***	24,4-31,2
КДО, мл	119,8 ± 20,9	87,7-160*	135,1 ± 24,2*	135,3-180*	138,8 ± 23,1*†	102,4-180,0*	140,1 ± 21,7*†	106,8-178,2*
КДО/ППТ, мл/м <sup>2</sup>	64,3 ± 9,5	48,6-81,4*	69,7 ± 10,1*	69,5-87,0*	70,0 ± 9,2*	53,2-87,8*	72,1 ± 10,0***	56,7-89,5*
ЛП, мм	31,3 ± 3,4	26,0-37,0	33,1 ± 3,7*	33-40,0	33,2 ± 3,4*	28,0-39,0	33,4 ± 3,4*	28-39,0
ЛП/ППТ, мм/м <sup>2</sup>	16,9 ± 1,8	13,8-20,0	17,2 ± 1,9*	17,1-20,5	16,8 ± 1,6†	14,1-19,4	17,2 ± 1,8**	14,2-20,1
ИММ, г/м <sup>2</sup>	81,7 ± 12,7	62,7-106,3	91,0 ± 14,3*	90,7,0-116,0	91,6 ± 13,5*	68,6-115,9	97,4 ± 15,3***	74,9-124,0*
УИ, мл/м <sup>2</sup>	41,7 ± 7,5	30,0-54,2	43,9 ± 7,7*	43,5-56,6	44,7 ± 7,6*	32,4-57,8	46,1 ± 7,9***	33,7-59,2
ФВ, %	64,8 ± 6,1	54,2-74,0	63,2 ± 6,3	63,4-73,6	63,4 ± 6,2	53,0-73,2	63,5 ± 5,8	53,6-72,2

Примечание. ППТ — площадь поверхности тела; КДР ЛЖ — конечно-диастолический размер левого желудочка; КДО — конечно-диастолический объем; УИ — ударный индекс; ТЗС ЛЖ — толщина задней стенки левого желудочка; ЛП — левое предсердие; ИММ — индекс массы миокарда. \* —  $p < 0,05$  по сравнению с гр. 1, † —  $p < 0,05$  по сравнению с гр. 2, ‡ —  $p < 0,05$  по сравнению с гр. 3. \* — превышены величины, соответствующие нормальной популяции.

Таблица 5

Распределение КДР ЛЖ у 892 юных спортсменов в игровых видах спорта (собственные данные)

Table 5

Distribution of the end diastolic size of the left ventricle in 892 young athletes in team sports (own data)

Возраст, лет	n	КДР ЛЖ, мм (M ± SD)	КДР ЛЖ, мм (95-й центиль)	КДР ЛЖ/ППТ, мм/м <sup>2</sup> (M ± SD)	КДР ЛЖ/ППТ, мм/м <sup>2</sup> (95-й центиль)
≤ 14	99	48,1 ± 4,2	55,0	30,2 ± 2,9	35,0
≤ 15	215	49,7 ± 3,8*	55,9	29,4 ± 2,3*	33,2
≤ 16	282	50,7 ± 3,1*	57,4	28,1 ± 3,7*	34,2
≤ 17	191	51,4 ± 4,0	58,0	27,3 ± 2,2*	30,9
≤ 18	105	51,6 ± 3,9	58,0	27,1 ± 2,2	30,7

Примечание. 95-е центили рассчитаны для ППТ, полученной в каждой возрастной группе; \* —  $p < 0,05$  по сравнению с предыдущим возрастом.

ЭхоКГ среди многочисленных методик визуализации сердца (МРТ, КТ, ангиокардиография) является наиболее доступной, неинвазивной и допускающей повторные исследования в течение короткого промежутка времени. Нередко ее квалифицированное применение позволяет исключить дальнейшие обследования, способные повысить затраты более чем в 1000 раз [30]. Для быстрого скринингового исследования возможно использование определенного, предварительно установленного в приборе протокола получения изображения, что позволяет работать даже неспециалистами вне медицинского учреждения [31–33]. Однако это требует четкой организационной структуры и определяет повышенные требования к квалификации эхокардиографистов, окончательно оценивающих зарегистрированные результаты.

Для ускорения и удешевления скрининга некоторые исследователи рекомендуют многоэтапный подход. На первой ступени применяется короткое исследование с оценкой только базовых характеристик сердца и здоровья спортсмена. При наличии каких-либо отклонений (например, болей в сердце, синкопальных состояний, выраженных сердцебиений и аритмий, шума в сердце, изменений АД и ЭКГ) переходят к целенаправленному поиску соответствующих патологий, используя ЭхоКГ, суточное мониторирование ЭКГ, СМАД или МРТ. В работе [34], основанной на скрининге 566 447 лиц, подобный подход позволил снизить дорогостоящие исследования с 19,5 до 3,4%.

Однако все больше работ рекомендуют использовать ЭхоКГ как первичную скрининговую методику визуализации сердца. Это связано с тем, что проблемы спорта не ограничиваются риском смерти. В последние годы появились сообщения о неблагоприятных постнагрузочных процессах в сердечной мышце, связанных с острыми реакциями, фиброзом миокарда, его отеком

и структурной перестройкой [35]. В результате внимание стали привлекать неоправданные расширения камер сердца или гипертрофия с возможной «инвалидизацией» сердца, снижением спортивных результатов и качества жизни спортсмена. В подобных случаях необходима полноценная оценка морфологии сердца уже на ранних стадиях профессиональных занятий. Очевидно, что физикальное исследование и ЭКГ не отвечают на вопросы: Есть ли аномальные коронарные артерии? Есть ли локальные дискинезии миокарда? Есть ли миокардиальные рубцы? Есть ли жировые отложения в миокарде? Есть ли дисфункция клапанов сердца? Какова степень нарушения работы желудочков? При этом по мере увеличения количества медицинских освидетельствований спортсменов стало очевидно, что патологии, несущие риски внезапной смерти, составляют лишь 4,5% от всех выявленных [34], в то время как существует большое количество состояний, обуславливающих общую заболеваемость и преждевременную смертность по сравнению со здоровой популяцией. К примеру, врожденные пороки сердца (ВПС) способны привести к внезапной остановке сердца достаточно редко (у 0,1% больных, в т.ч. при физической активности — у 0,018% из них) [36], однако они сопровождаются сердечной недостаточностью, гипоксемией и инвалидностью примерно в 50% случаев. Эхокардиография способна выявить симптомы и других заболеваний, приводящих к аналогичным осложнениям [37–39] (табл. 1). В связи с этим быстро увеличивается количество публикаций, доказывающих, что прямая визуализация сердца спортсменов, особенно трансторакальная эхокардиография, должна играть важную роль в досоревновательном обследовании. На какие же опорные моменты должен ориентироваться исследователь?

Очевидно, что не существует программ скрининга, способных полностью предотвратить случаи ВОС/ВСС.

Таблица 6

#### Стадии развития заболеваний сердца у спортсменов

Table 6

#### Stages of heart disease development in athletes

Стадия	Характеристики	Примеры
A	Высокий риск развития осложнений, т.к. есть заболевание, при котором они развиваются. Еще нет структурных или функциональных изменений миокарда, перикарда или клапанов, а также клинических симптомов заболевания	Семейная КМП, артериальная гипертензия, нарушения липидного обмена, сахарный диабет, ревматизм, употребление запрещенных веществ, алкоголизм, генетические синдромы, хроническая гипоксия миокарда
B	Наличие структурных изменений сердца, которые потенциально приводят к осложнениям. Клинических симптомов еще нет	Гипертрофия, фиброз миокарда, дилатация ЛЖ, локальные дискинезии ЛЖ, асимптомные врожденные и приобретенные пороки сердца, изменения коронарных артерий, перенесенный инфаркт миокарда
C	Есть или были симптомы, связанные со структурной патологией сердца. Некоторые лица могут быть асимптомны на фоне постоянной медикаментозной терапии	Снижение толерантности к физической нагрузке, снижение спортивных результатов, не связанное с травмами. Высокое АД, требующее терапии. Диспноэ, слабость, сердцебиения, синкопальные состояния вследствие дисфункции ЛЖ или ПЖ

Примечание. ЛЖ — левый желудочек, ПЖ — правый желудочек, АД — артериальное давление.

Заболевания с такими осложнениями могут протекать латентно или развиваться в период между обследованиями. Преднагрузка на сердце может изменяться во время тренировки за счет обезвоживания, перераспределения кровотока и увеличения ЧСС, а постнагрузка — из-за изменений сосудистого сопротивления. Исследователь же встречается с теми изменениями сердца, которые существуют на момент скрининга или еще не развились.

В связи с этим можно предложить следующую рабочую классификацию стадий в развитии заболеваний сердца у спортсменов (табл. 6).

В стадии А нет оснований для отвода для занятий спортом; большая роль в выявлении потенциальных заболеваний принадлежит эффективному сбору анамнеза с применением опросников. В стадии В визуализация сердца, обычно с помощью ЭхоКГ, приобретает основное диагностическое значение и целесообразно рассмотреть соотношение пользы и риска занятий определенными видами спорта для здоровья спортсмена. Стадия С является противопоказанием для соревновательного спорта из-за опасности быстрой инвалидизации спортсмена. Для подтверждения соответствующих патологий используют дополнительные методы исследования (стресс-тесты, МРТ, суточное мониторирование ЭКГ и т. п.).

Классификация позволяет опасность обнаруженных изменений сердца уже при их начальных проявлениях. Целесообразно, чтобы врачи команд также были ориентированы в протоколе и результатах сердечно-сосудистого скрининга, т. к. на них возлагается задача за совместное с лечащими врачами принятие решений по оптимизации тренировочного процесса.

#### 4. Выводы

К настоящему времени многие известные факторы риска ВОС изучены досконально и тактические рекомендации при их обнаружении меняются не существенно на протяжении многих лет. Основной вклад в сужение «серой зоны» между физиологическими и патологическими характеристиками сердца вносят методы, изучающие состояние миокарда (глобальную продольную деформацию ЛЖ, МРТ с контрастированием

#### Вклад авторов:

**Шарыкин Александр Сергеевич** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Бадтиева Виктория Асланбековна** — написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Иванова Юлия Михайловна** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Усманов Дамир Мунирович** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

и т. п.). Однако большинство структурных изменений сердца, отражающих ухудшение его состояния, возможно увидеть уже при эхокардиографическом скрининге. При этом в качестве информативных и обязательных измерений у спортсменов можно рекомендовать следующие.

1. Измерение КДР и КСР левого желудочка.

2. Измерение КДО и КСО левого желудочка.

3. Измерение толщины миокарда задней стенки левого желудочка и межжелудочковой перегородки в диастолу; целесообразно использовать нормативы, рассчитанные на площадь поверхности тела.

4. Оценка симметричности гипертрофии стенок ЛЖ (отношение толщины МЖП/ЗСЛЖ в норме должно быть  $\leq 1,3$ ).

5. Измерение диаметров аорты на трех стандартных уровнях (синусы Вальсальвы, синотубулярное соединение, восходящая аорта). Проводить оценку целесообразно с применением z-score.

6. Вычисление массы миокарда (даже при нормальной толщине миокарда левого желудочка) и ее представление в виде индекса массы миокарда (ИММ) — относительно площади поверхности тела.

7. Определение вида ремоделирования сердца по относительной толщине стенки левого желудочка (ОТС) и массе миокарда.

При первичном скрининге обычно используют показатели линейных размеров камер сердца и толщины стенок. Остальные — при углубленном обследовании или при картине сердца, привлекающей внимание своей необычностью.

Таким образом, эхокардиографический скрининг спортсменов позволяет получить достаточную и необходимую информацию для выявления врожденной патологии или возникшей в процессе чрезмерных тренировочных нагрузок. В качестве нормативных можно использовать популяционные показатели, выраженные в центильных величинах. При их превышении должны быть оценены функциональные характеристики желудочков. При этом целесообразно разделить спортсменов по группам, отражающим преобладающую спортивную нагрузку.

#### Authors' contributions:

**Alexander S. Sharykin** — article text writing, collection and processing of material.

**Viktoria A. Badtieva** — article text writing, editing, approval of the article final version.

**Iuliia M. Ivanova** — article text writing, collection and processing of material.

**Dmitriy M. Usmanov** — article text writing, collection and processing of material.

### Список литературы

1. Ревিশвили А.Ш., Неминуший Н.М., Баталов Р.Е., Гиляров М.Ю., Голицын С.П., Давтян К.В., Думпис Я.Ю. и др. Всероссийские клинические рекомендации по контролю над риском внезапной остановки сердца и внезапной сердечной смерти, профилактике и оказанию первой помощи. Вестник аритмологии. 2017;(89):1–104.
2. Stiles M.K., Wilde A.A.M., Abrams D.J., Ackerman M.J. et al. 2020 APHRS/HRS expert consensus statement on the investigation of decedents with sudden unexplained death and patients with sudden cardiac arrest, and of their families. *J. Arrhythm.* 2021;37(3):481–534. <https://doi.org/10.1002/joa3.12449>.
3. Drezner J.A., O'Connor F.G., Harmon K.G., et al. AMSSM Position Statement on Cardiovascular Preparticipation Screening in Athletes: Current evidence, knowledge gaps, recommendations and future directions [published correction appears in *Br J Sports Med.* 2018 Mar 6;]. *Br. J. Sports Med.* 2017;51(3):153–167. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096781>
4. Vetter V.L., Dugan N., Guo R., Mercer-Rosa L., Gleason M., Cohen M., Vogel R.L., Iyer R. A pilot study of the feasibility of heart screening for sudden cardiac arrest in healthy children. *Am. Heart J.* 2011;161(5):1000–1006.e3. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2011.01.022>
5. Corrado D., Pelliccia A., Bjørnstad H.H., Vanhees L., Biffi A., Borjesson M., et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2005;26(5):516–524. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi108>
6. Çetin İ.I., Ekici F., Kibar A.E., Sürücü M., Orgun A. The pre-participation screening in young athletes: which protocol do we need exactly? *Cardiol. Young.* 2018;28(4):536–541. <https://doi.org/10.1017/S1047951117002438>
7. Toresdahl B.G., Asif I.M., Rodeo S.A., Ling D.I., Chang C.J. Cardiovascular screening of Olympic athletes reported by chief medical officers of the Rio 2016 Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(17):1097–1100. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099029>
8. Risgaard B., Tfelt-Hansen J., Winkel B.G. Sports-related sudden cardiac death: How to prove an effect of preparticipation screening? *Heart Rhythm.* 2016;13(7):1560–1562. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.03.043>
9. Petek B.J., Baggish A.L. Current controversies in pre-participation cardiovascular screening for young competitive athletes. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* 2020;18(7):435–442. <https://doi.org/10.1080/14779072.2020.1787154>
10. Alpert J.S. Does Resting or Exercise Electrocardiography Assist Clinicians in Preventing Cardiovascular Events in Asymptomatic Adults? *JAMA Cardiol.* 2018;3(8):678–679. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.1800>
11. Steinvil A., Chundadze T., Zeltser D., Rogowski O., Halkin A., Galily Y., Perluk H., Viskin S. Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking? *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011;57(11):1291–1296. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.037>
12. Orchard J.J., Orchard J.W., La Gerche A., Semsarian C. Cardiac screening of athletes: consensus needed for clinicians on indications for follow-up echocardiography testing. *Br.*

### References

1. Revishvili A.Sh., Neminushchii N.M., Batalov R.E., Giylarov M.Yu., Golitsyn S.P., Davtyan K.V. All-Russian Clinical Guidelines for Controlling the Risk of Sudden Cardiac Arrest and Sudden Cardiac Death, Prevention and First Aid. *Vestnik aritmologii = Journal of Arrhythmology.* 2017;(89):2–104 (In Russ.).
2. Stiles M.K., Wilde A.A.M., Abrams D.J., Ackerman M.J. et al. 2020 APHRS/HRS expert consensus statement on the investigation of decedents with sudden unexplained death and patients with sudden cardiac arrest, and of their families. *J. Arrhythm.* 2021;37(3):481–534. <https://doi.org/10.1002/joa3.12449>.
3. Drezner J.A., O'Connor F.G., Harmon K.G., et al. AMSSM Position Statement on Cardiovascular Preparticipation Screening in Athletes: Current evidence, knowledge gaps, recommendations and future directions [published correction appears in *Br J Sports Med.* 2018 Mar 6;]. *Br. J. Sports Med.* 2017;51(3):153–167. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096781>
4. Vetter V.L., Dugan N., Guo R., Mercer-Rosa L., Gleason M., Cohen M., Vogel R.L., Iyer R. A pilot study of the feasibility of heart screening for sudden cardiac arrest in healthy children. *Am. Heart J.* 2011;161(5):1000–1006.e3. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2011.01.022>
5. Corrado D., Pelliccia A., Bjørnstad H.H., Vanhees L., Biffi A., Borjesson M., et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2005;26(5):516–524. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi108>
6. Çetin İ.I., Ekici F., Kibar A.E., Sürücü M., Orgun A. The pre-participation screening in young athletes: which protocol do we need exactly? *Cardiol. Young.* 2018;28(4):536–541. <https://doi.org/10.1017/S1047951117002438>
7. Toresdahl B.G., Asif I.M., Rodeo S.A., Ling D.I., Chang C.J. Cardiovascular screening of Olympic athletes reported by chief medical officers of the Rio 2016 Olympic Games. *Br. J. Sports Med.* 2018;52(17):1097–1100. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099029>
8. Risgaard B., Tfelt-Hansen J., Winkel B.G. Sports-related sudden cardiac death: How to prove an effect of preparticipation screening? *Heart Rhythm.* 2016;13(7):1560–1562. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.03.043>
9. Petek B.J., Baggish A.L. Current controversies in pre-participation cardiovascular screening for young competitive athletes. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* 2020;18(7):435–442. <https://doi.org/10.1080/14779072.2020.1787154>
10. Alpert J.S. Does Resting or Exercise Electrocardiography Assist Clinicians in Preventing Cardiovascular Events in Asymptomatic Adults? *JAMA Cardiol.* 2018;3(8):678–679. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.1800>
11. Steinvil A., Chundadze T., Zeltser D., Rogowski O., Halkin A., Galily Y., Perluk H., Viskin S. Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking? *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011;57(11):1291–1296. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.10.037>
12. Orchard J.J., Orchard J.W., La Gerche A., Semsarian C. Cardiac screening of athletes: consensus needed for clinicians on indications for follow-up echocardiography testing. *Br.*



J. Sports. Med. 2020;54(15):936–938. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101916>

13. Sharma S., Drezner J.A., Baggish A., Papadakis M., Wilson M.G., Prutkin J.M., et al. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Eur. Heart J.* 2018;39(16):1466–1480. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw631>

14. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikkaet P.A., et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur. J. Echocardiogr.* 2006;7(2):79–108. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2005.12.014>

15. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2015;16(3):233–270. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>

16. Hiratzka L.F., Bakris G.L., Beckman J.A., Bersin R.M., Carr V.F., Casey D.E. Jr, et al. ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010;55(14):e27–e129. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.02.015>. Erratum in: *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013;62(11):1039–1040.

17. Fernandes L.P., Barreto A.T.F., Neto M.G., Câmara E.J.N., Durães A.R., Roever L., Aras-Júnior R. Prognostic power of conventional echocardiography in individuals without history of cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Clinics (Sao Paulo)*. 2021;76:e2754. <https://doi.org/10.6061/clinics/2021/e2754>

18. Riding N.R., Othman Salah O., Sharma S., Carré F., O'Hanlon R., George K.P., et al. Do big athletes have big hearts? Impact of extreme anthropometry upon cardiac hypertrophy in professional male athletes. *Br. J. Sports Med* 2012;46 (Suppl):i90–i97. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091258>

19. Gati S., Malhotra A., Sedgwick C., Papamichael N., Dhutia H., Sharma R., et al. Prevalence and progression of aortic root dilatation in highly trained young athletes. *Heart*. 2019;105(12):920–925. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2018-314288>

20. Siddiqi H., Isselbacher E., Suzuki T., Montgomery D., Pape L., Fattori R., et al. Is size a good predictor of dissection risk in patients with Marfan syndrome or bicuspid aortic valves? Insights from the international registry of acute aortic dissection (IRAD). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;59(13\_Supplement):E1883. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(12\)61884-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(12)61884-1)

21. Pelliccia A., Sharma S., Gati S., Bäck M., Börjesson M., Caselli S., et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur. Heart J.* 2021;42(1):17–96. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021;42(5):548–549.

22. Hiratzka L.F., Bakris G.L., Beckman J.A., Bersin R.M., Carr V.F., Casey D.E. Jr, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke

J. Sports. Med. 2020;54(15):936–938. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101916>

13. Sharma S., Drezner J.A., Baggish A., Papadakis M., Wilson M.G., Prutkin J.M., et al. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Eur. Heart J.* 2018;39(16):1466–1480. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw631>

14. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikkaet P.A., et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur. J. Echocardiogr.* 2006;7(2):79–108. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2005.12.014>

15. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2015;16(3):233–270. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>

16. Hiratzka L.F., Bakris G.L., Beckman J.A., Bersin R.M., Carr V.F., Casey D.E. Jr, et al. ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010;55(14):e27–e129. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.02.015>. Erratum in: *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013;62(11):1039–1040.

17. Fernandes L.P., Barreto A.T.F., Neto M.G., Câmara E.J.N., Durães A.R., Roever L., Aras-Júnior R. Prognostic power of conventional echocardiography in individuals without history of cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Clinics (Sao Paulo)*. 2021;76:e2754. <https://doi.org/10.6061/clinics/2021/e2754>

18. Riding N.R., Othman Salah O., Sharma S., Carré F., O'Hanlon R., George K.P., et al. Do big athletes have big hearts? Impact of extreme anthropometry upon cardiac hypertrophy in professional male athletes. *Br. J. Sports Med* 2012;46 (Suppl):i90–i97. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091258>

19. Gati S., Malhotra A., Sedgwick C., Papamichael N., Dhutia H., Sharma R., et al. Prevalence and progression of aortic root dilatation in highly trained young athletes. *Heart*. 2019;105(12):920–925. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2018-314288>

20. Siddiqi H., Isselbacher E., Suzuki T., Montgomery D., Pape L., Fattori R., et al. Is size a good predictor of dissection risk in patients with Marfan syndrome or bicuspid aortic valves? Insights from the international registry of acute aortic dissection (IRAD). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;59(13\_Supplement):E1883. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(12\)61884-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(12)61884-1)

21. Pelliccia A., Sharma S., Gati S., Bäck M., Börjesson M., Caselli S., et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur. Heart J.* 2021;42(1):17–96. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021;42(5):548–549.

22. Hiratzka L.F., Bakris G.L., Beckman J.A., Bersin R.M., Carr V.F., Casey D.E. Jr, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke

Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation*. 2010;121(13):e266–369. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d4739e>

23. **Pelliccia A., Caselli S., Sharma S., Basso C., Bax J.J., Corrado D., et al.** Internal reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur. Heart J.* 2018;39(21):1949–1969. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx532>

24. **Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berkstresser B., McClanahan C., et al.** The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

25. **Pluim B.M., Zwinderman A.H., van der Laarse A., van der Wall E.E.** The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 2000;101(3):336–344. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.3.336>

26. **Utomi V., Oxborough D., Whyte G.P., Somauroo J., Sharma S., Shave R., Atkinson G., George K.** Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. *Heart*. 2013;99(23):1727–1733. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2012-303465>

27. **Caselli S., Di Paolo F.M., Pisicchio C., Pandian N.G., Pelliccia A.** Patterns of Left Ventricular Diastolic Function in Olympic Athletes. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015;28(2):236–244. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.09.013>

28. **Albaeni A., Davis J.W., Ahmad M.** Echocardiographic evaluation of the Athlete's heart. *Echocardiography*. 2021;38(6):1002–1016. <https://doi.org/10.1111/echo.15066>

29. **Шарыкин А.С., Иванова Ю.М., Павлов В.И., Бадтиева В.А., Субботин П.А.** Варианты ремоделирования сердца у детей и подростков в игровых видах спорта (на примере футбола и хоккея). *Педиатрия*. 2016;95(3):65–72.

30. **Leslie L.K., Cohen J.T., Newburger J.W., Alexander M.E., Wong J.B., Sherwin E.D., et al.** Costs and benefits of targeted screening for causes of sudden cardiac death in children and adolescents. *Circulation*. 2012;125(21):2621–2629. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087940>

31. **Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berkstresser B., McClanahan C., et al.** The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

32. **Narula S., Shameer K., Salem Omar A.M., Dudley J.T., Sengupta P.P.** Machine-Learning Algorithms to Automate Morphological and Functional Assessments in 2D Echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2016;68(21):2287–2295. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.08.062>

33. **Moulson N., Jaff Z., Wiltshire V., Taylor T., O'Connor H.M., Hopman W.M., Johri A.M.** Feasibility and Reliability of Nonexpert POCUS for Cardiovascular Preparticipation Screening of Varsity Athletes: The SHARP Protocol. *Can. J. Cardiol.* 2019;35(1):35–41. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2018.11.003>

34. **Liu H.W., Huang L.W., Chiu S.N., Lue H.C., Wu M.H., Chen M.R., Wang J.K.** Cardiac Screening for High Risk Sudden Cardiac Death in School-Aged Children. *Acta Cardiol. Sin.* 2020;36(6):641–648. [https://doi.org/10.6515/ACS.202011\\_36\(6\).20200515A](https://doi.org/10.6515/ACS.202011_36(6).20200515A)

Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation*. 2010;121(13):e266–369. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d4739e>

23. **Pelliccia A., Caselli S., Sharma S., Basso C., Bax J.J., Corrado D., et al.** Internal reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur. Heart J.* 2018;39(21):1949–1969. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx532>

24. **Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berkstresser B., McClanahan C., et al.** The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

25. **Pluim B.M., Zwinderman A.H., van der Laarse A., van der Wall E.E.** The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 2000;101(3):336–344. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.3.336>

26. **Utomi V., Oxborough D., Whyte G.P., Somauroo J., Sharma S., Shave R., Atkinson G., George K.** Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. *Heart*. 2013;99(23):1727–1733. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2012-303465>

27. **Caselli S., Di Paolo F.M., Pisicchio C., Pandian N.G., Pelliccia A.** Patterns of Left Ventricular Diastolic Function in Olympic Athletes. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015;28(2):236–244. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.09.013>

28. **Albaeni A., Davis J.W., Ahmad M.** Echocardiographic evaluation of the Athlete's heart. *Echocardiography*. 2021;38(6):1002–1016. <https://doi.org/10.1111/echo.15066>

29. **Sharyikin A.S., Ivanova Yu.M., Pavlov V.I., Badietva V.A., Subbotin P.A.** Cardiac remodeling variants in children and adolescents in team sports (on the example of football and hockey). *Pediatratria n.a. G.N. Speransky*. 2016;95(3):65–72 (In Russ.).

30. **Leslie L.K., Cohen J.T., Newburger J.W., Alexander M.E., Wong J.B., Sherwin E.D., et al.** Costs and benefits of targeted screening for causes of sudden cardiac death in children and adolescents. *Circulation*. 2012;125(21):2621–2629. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087940>

31. **Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berkstresser B., McClanahan C., et al.** The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

32. **Narula S., Shameer K., Salem Omar A.M., Dudley J.T., Sengupta P.P.** Machine-Learning Algorithms to Automate Morphological and Functional Assessments in 2D Echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2016;68(21):2287–2295. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.08.062>

33. **Moulson N., Jaff Z., Wiltshire V., Taylor T., O'Connor H.M., Hopman W.M., Johri A.M.** Feasibility and Reliability of Nonexpert POCUS for Cardiovascular Preparticipation Screening of Varsity Athletes: The SHARP Protocol. *Can. J. Cardiol.* 2019;35(1):35–41. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2018.11.003>

34. **Liu H.W., Huang L.W., Chiu S.N., Lue H.C., Wu M.H., Chen M.R., Wang J.K.** Cardiac Screening for High Risk Sudden Cardiac Death in School-Aged Children. *Acta Cardiol. Sin.* 2020;36(6):641–648. [https://doi.org/10.6515/ACS.202011\\_36\(6\).20200515A](https://doi.org/10.6515/ACS.202011_36(6).20200515A)

35. Шарыкин А.С., Бадтиева В.А., Трунина И.И., Османов И.М. Фиброз миокарда — новый компонент ремоделирования сердца у спортсменов? Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019;18(6):126–135. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-6-126-135>

36. Jortveit J., Klcovansky J., Døhlen G., Eskedal L., Birke-land S., Holmstrøm H. Out-of-hospital sudden cardiac arrest in children with congenital heart defects. Arch. Dis. Child. 2018;103(1):57–60. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312621>

37. Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berk-stresser B., McClanahan C., et al. The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. J. Am. Soc. Echocardiogr. 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

38. Baggish A.L., Wood M.J. Athlete's heart and cardiovas-ular care of the athlete: scientific and clinical update. Circulation. 2011;123(23):2723–2735. <https://doi.org/10.1161/CIRCULA-TIONAHA.110.981571>

39. Galderisi M., Cardim N., D'Andrea A., Bruder O., Co-syns B., Davin L., et al. The multi-modality cardiac imaging ap-proach to the Athlete's heart: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging. 2015;16(4):353. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu323>

35. Sharykin A.S., Badtieva V.A., Trunina I.I., Os-manov I.M. Myocardial fibrosis — a new component of heart remodeling in athletes? Cardiovascular Therapy and Prevention. 2019;18(6):126–135. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-6-126-135>

36. Jortveit J., Klcovansky J., Døhlen G., Eskedal L., Birke-land S., Holmstrøm H. Out-of-hospital sudden cardiac arrest in chil-dren with congenital heart defects. Arch. Dis. Child. 2018;103(1):57–60. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312621>

37. Weiner R.B., Wang F., Hutter A.M. Jr., Wood M.J., Berk-stresser B., McClanahan C., et al. The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hos-pital cardiovascular disease screening. J. Am. Soc. Echocardiogr. 2012;25(5):568–575. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.01.010>

38. Baggish A.L., Wood M.J. Athlete's heart and cardiovas-ular care of the athlete: scientific and clinical update. Circulation. 2011;123(23):2723–2735. <https://doi.org/10.1161/CIRCULA-TIONAHA.110.981571>

39. Galderisi M., Cardim N., D'Andrea A., Bruder O., Co-syns B., Davin L., et al. The multi-modality cardiac imaging ap-proach to the Athlete's heart: an expert consensus of the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging. 2015;16(4):353. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu323>

#### Информация об авторах:

**Шарыкин Александр Сергеевич\***, д.м.н., профессор кафедры госпитальной педиатрии им. академика В.А. Таболина ФГБОУ ВО «Рос-сийский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова, 1. ORCID: <https://0000-0002-5378-7316>

**Бадтиева Виктория Асланбековна**, член-корр. РАН, д.м.н., профессор, заведующая филиалом № 1 ГАУЗ ««Московский научно-практи-ческий центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы»», руково-дитель отдела спортивной медицины и клинической фармакологии, Россия, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, 53; профессор кафедры восста-новительной медицины, реабилитации и курортологии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Россия, 119296, Москва, Ленинский проспект, д. 62/1. ORCID: <https://0000-0003-4291-679X>

**Иванова Юлия Михайловна**, к.м.н., врач функциональной диагностики, отделения функциональной диагностики и спортивной ме-дицины Клиники спортивной медицины (филиал №1) ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, вос-становительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 105120, Москва, ул. Земляной Вал, 53. ORCID: <https://0000-0002-4616-8322>

**Усманов Дамир Мунирович**, врач спортивной медицины, отдела медицинского обеспечения спортивных сборных команд и соревнова-ний, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агент-ства», Россия, 121059, Москва, Большая Дорогомилловская ул., 5.

#### Information about Authors:

**Alexander S. Sharykin\***, D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Pediatrics of the Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia. ORCID: <https://0000-0002-5378-7316>

**Viktoria A. Badtieva**, corresponding member of the RAS, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of Branch No. 1 of Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Head of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 62/1, Leninsky prospect, Moscow, 119296, Russia. ORCID: <https://0000-0003-4291-679X>

**Iuliia M. Ivanova**, MD, Ph.D., doctor of functional diagnostics, Department of Functional Diagnostics and Sports Medicine, Branch No. 1 of Mos-cow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of the Moscow Department of Healthcare, Head of the Department of Sports Medicine and Clinical Pharmacology, 53, Zemlyanoy Val str., Moscow, 105120, Russia. ORCID: <https://0000-0002-4616-8322>

**Dmitriy M. Usmanov**, doctor of sports medicine, Department of medical support for sports teams and competitions of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, Bolshaya Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.7>

УДК 796.8

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Психологическое сопровождение молодых спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике

А.Н. Берестяная<sup>1,\*</sup>, С.Н. Филиппова<sup>1,2</sup>, А.Н. Корнилов<sup>3</sup>, А.П. Орешков<sup>3</sup>, В.В. Горелик<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный областной педагогический университет», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», Москва, Россия

<sup>3</sup> МБУС «СК Метеор», Центр тестирования ВФСК ГТО, Балашиха Московской области, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, Россия

### РЕЗЮМЕ

Исследуется психолого-педагогическое сопровождение спортсменов 18–25 лет с учетом фактора пола на этапах подготовки на фоне силового тренинга. Приводятся методы мобилизации психических резервов спортсменов различных психофизических типов с целью повышения эффективности тренировочного процесса для достижения высоких результатов в соревнованиях.

**Введение.** В основу работы положена методика классического развития силовых способностей спортсменов в пауэрлифтинге в сочетании с психологическими методами психолого-педагогического сопровождения (ППС) для повышения надежности и успешности предсоревновательной подготовки. ППС рассматривается как совокупность целей, средств, методов и условий планирования, реализации и контроля процесса формирования, активизации и оптимизации психологических процессов (ПП) спортсменов на этапах подготовки и участия в соревнованиях.

**Цель исследования.** Теоретическая разработка и экспериментальное обоснование методики ППС тренировочной подготовки к соревнованиям при занятиях пауэрлифтингом и тяжелой атлетикой.

**Материалы и методы.** Метод контрольных испытаний, педагогический эксперимент (ПЭ), тесты оценки физической подготовленности, антропометрические методы, методы психологического развития личности, методы математической статистики. Исследование проводилось в течение 5 недель (01.02.2020–15.03.2020). Силовые тренировки при проведении педагогического эксперимента (ПЭ) базировались на 5-недельном цикле Б.И. Шейко [10], равном одному предсоревновательному мезоциклу. Спортсмены 18–25 лет составили две группы по 20 человек: контрольная (КГ) и экспериментальная группа (ЭГ), разделенные по фактору пола. КГ и ЭГ тренировались по классической методике пауэрлифтинга, дополненной в ЭГ методами оптимизации ПП.

Методика ППС подготовки к соревнованиям включала: обучение целеполаганию; формирование готовности к соревнованиям; обучение копингу; активацию мотивационных процессов; повышение самоконтроля, психорегуляции поведения и спортивной деятельности.

**Результаты.** Разработан 5-недельный мезоцикл тренировок для пауэрлифтеров 18–25 лет. Формирующее воздействие комплекса методов ППС в ЭГ привело к достоверному возрастанию силовых показателей в ЭГ в конце ПЭ: девушки КГ в сумме троеборья подняли 142,5 кг, тогда как в КГ юношей — 215 кг. В ЭГ результат девушек — 190 кг и в ЭГ юношей — 250 кг. Прирост при сравнении ЭГ-КГ у девушек составил 57,5 кг, а у юношей — 35 кг в пользу ЭГ с ППС. Выделены психофизические типы молодых пауэрлифтеров, нуждающихся в ППС, предложены восстановительные меры для психологической подготовки.

**Выводы.** ППС в комплексе с силовыми тренировками привело к достоверному приросту силовых показателей у пауэрлифтеров 18–25 лет с учетом фактора пола. Силовые показатели девушек прогрессировали в 1,8–2 раза более выражено, чем юношей. При проведении ППС надо учитывать гендерные особенности пауэрлифтеров, связанные с различным влиянием на юношей и девушек методов психологической подготовки.

**Ключевые слова:** пауэрлифтинг, тяжелая атлетика, психолого-педагогическое сопровождение спортсменов, силовой цикл, тренировочный процесс, оптимизация психических процессов

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

**Для цитирования:** Берестяная А.Н., Филиппова С.Н., Корнилов А.Н., Орешков А.П., Горелик В.В. Психологическое сопровождение молодых спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(3):84–91. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.7>

Поступила в редакцию: 22.05.2022

Принята к публикации: 15.09.2022

Online first: 29.11.2022

Опубликована: 30.12.2022

\*Автор, ответственный за переписку



## Psychological support of young sportsmen in powerlifting and weightlifting

Anastasiya N. Berestyayana<sup>1,\*</sup>, Svetlana N. Filippova<sup>1,2</sup>, Alexey N. Kornilov<sup>3</sup>,  
Anatoliy P. Oreshkov<sup>3</sup>, Viktor V. Gorelik<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Moscow State Regional Pedagogical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Russian State Social University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> MBSF "SC Meteor", Testing Center of IFSC GTO, Balashikha, Moscow Region, Russia

<sup>4</sup> Togliatti State University, Togliatti, Russia

### ABSTRACT

The article is a research into psychological and pedagogic support of sportsmen aged 18–25 years old, with taking into account the gender factor, at the stages of training with the strength exercises. It states methods of psychical reserves mobilization of different psychophysical types of sportsmen, aimed at training process efficiency increase in order to reach high results during competitions.

**Introduction.** The article is based at the methodic of classical development of sportsmen's strength abilities in powerlifting in composition with psychological methods of psychological and pedagogic support (PPS) for increasing of reliability and successfulness of pre-competition training. PPS is considered to be a combination of targets, media, methods and circumstances of planning, realization and control of the process of formation, activation and optimization of sportsmen's psychological processes, at the stages of preparing for competitions and participating in them.

**Research target.** Theoretical elaboration and experimental substantiation of the methodic of PPS training preparation for the competitions when going in for powerlifting and weightlifting.

**Materials and methods.** The method of control test, pedagogic experiment (PE), fitness tests, anthropometrical methods, psychological development of personality methods, mathematical statistics methods. The research was being performed during five weeks (2020-02-01–2020-03-15). During the pedagogical experiment (PE), strength trainings were based at five-week cycle by B.I. Sheyko, which is equal to one pre-competition mesocycle. Sportsmen aged 18–25 years old formed two groups of 20 persons each: control group (CG) and experimental group (EG), divided [inside] by the gender factor. CG and EG were training with the classical powerlifting methodic, in EG it was supplemented with psychological processes optimization methods.

The methodic of PPS preparation for a competition included: learning of goal-setting, forming of readiness for competitions, learning of coping, activation of motivation processes, increase of self-control and of psychoregulation of behavior and sport activity.

**Results.** The authors elaborated five-week mesocycle (medium cycle) of training for powerlifters aged 18–25 years old. The forming impact of the complex of PPS methods in EG caused certain growth of strength results in EG at the end of PE: each of CG sportswomen lifted 142.5 kg in the sum of three-lift, CG sportsmen — 215 kg. In EG the result of sportswomen is 190 kg, the result of sportsmen is 250 kg. The growth, when comparing EG and CG, was 57.5 kg for sportswomen and 35 kg for sportsmen in favour of RG with PPS. Psychophysical types of young powerlifters, who need psychological and pedagogic support, were identified, recovery measures for psychological preparation were proposed.

**Conclusion.** PPS in the complex with strength trainings caused certain growth of strength indexes of powerlifters aged 18–25 years old, with taking into account the gender factor. Strength indexes of girls progressed 1,8–2 times more significantly, than of men. When performing PPS, they must take into account the gender specifics of powerlifters, attached to different impact of psychological preparation methods on boys and girls.

**Keywords:** powerlifting, weightlifting, psychological and pedagogic support of sportsmen, strength cycle, training process, optimization of psychic processes

**For citation:** Berestyayana A.N., Filippova S.N., Kornilov A.N., Oreshkov A.P. Psychological support of young sportsmen in powerlifting and weightlifting. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(3):84–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.3.7>

**Received:** 22 May 2022

**Accepted:** 15 September 2022

**Online first:** 29 November 2022

**Published:** 30 December 2022

\*Corresponding author

### 1. Введение

В условиях государственной политики, направленной на популяризацию спорта в РФ, возрастание социальной роли спортивных достижений национальных государств, возникает востребованность высоких спортивных результатов, что вызывает ряд психолого-педагогических проблем при подготовке молодых спортсменов. Актуальным является решение этих проблем и противоречий, поскольку это влияет на результаты спортсменов на этапах роста спортивного мастерства.

ППС выполняет ряд важных функций как в ходе тренировок, так и при подготовке к ответственным соревнованиям [1, 4].

В первую очередь ППС важно для силовых видов спорта, пауэрлифтинга и тяжелой атлетики, требующих от спортсменов максимального физического и психологического напряжения [2, 3]. В современном обществе пауэрлифтинг становится все более востребованным благодаря доступности для населения, быстрому росту спортивных результатов, повышению потенциала

адаптации и здоровья спортсменов. Занятия молодежи пауэрлифтингом и тяжелой атлетикой способствуют увеличению мышечной силы, укрепляют связки и суставы, помогают выработать выносливость, гибкость, другие физические качества, воспитывают волю, уверенность в своих силах, повышают ментальную и физическую работоспособность [10].

Грамотное построение тренировочного процесса выступает основой высоких достижений в пауэрлифтинге [4]. Однако подготовка связана с рядом психологических трудностей, с которыми на этапах тренировок и соревнований сталкиваются спортсмены. ППС со стороны тренеров и волевой вклад самого атлета призваны решить задачи преодоления кризисных ситуаций [5]. Известно, что при сравнении атлетов, близких по показателям физической, технико-тактической подготовки, побеждает спортсмен, имеющий преимущества в психологической готовности к соревнованиям [2, 9]. Поэтому актуальными остаются задачи повышения надежности и успешности соревновательной деятельности, зависящие от формирования личностных ПП и качеств спортсмена, приводящих его к победным результатам.

ППС в пауэрлифтинге рассматривается как интегрированный в процесс силовой тренировки комплекс методов оптимизации ПП и личностных качеств, применяемых с учетом задач на этапах подготовки и участия спортсменов в соревнованиях [7, 11].

**Цель исследования.** Анализ литературы, тренерских практик в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике позволил выявить противоречие в спортивной подготовке атлетов: высокая конкуренция и рост спортивных результатов соперников требуют всестороннего улучшения тренировочного процесса, которому отчасти препятствует направленность тренеров на развитие преимущественно физических качеств в ущерб активизации психологических возможностей и ресурсов спортсменов. Выявленное противоречие позволило сформулировать **проблему исследования:** разработка и экспериментальное обоснование необходимости инкорпорации программ и методик психологического сопровождения в тренировочный процесс для повышения эффективности подготовки спортсменов пауэрлифтеров и тяжелоатлетов к соревновательной деятельности. Проблема и ее актуальность определили цель исследования: теоретическая разработка и экспериментальное обоснование комплекса методик ППС тренировочной подготовки, участия в соревнованиях при занятиях пауэрлифтингом и тяжелой атлетикой.

**Материалы и методы.** Методы исследования: метод контрольных испытаний, педагогический эксперимент (ПЭ), тесты оценки физической подготовленности, антропометрические методы, методы психологической диагностики, методы математической статистики.

**Организация исследования:** исследование проводилось в течение 5 недель (01.02.2020–15.03.2020). За основу подготовки был взят тренировочный

5-недельный предсоревновательный цикл, разработанный Б.Н. Шейко [10]. Участников педагогического эксперимента разделили на две группы: контрольная (КГ) и экспериментальная (ЭГ) по 20 человек в каждой, разделенных по фактору пола. КГ и ЭГ занималась по классической методике тренировок в пауэрлифтинге. Занятия ЭГ дополнены комплексом методов психологической подготовки (сопровождения). ПЭ длился 6 недель, которые составили один тренировочный предсоревновательный мезоцикл.

ПЭ состоял в дополнении тренировочных занятий в ЭГ формирующими воздействиями в форме комплекса специальных обучающих и тренировочных психолого-педагогических методик, проводимых на этапах учебно-тренировочного процесса [1, 6].

Формирующий комплекс методик ППС представлен в табл. 1.

**Результаты.** При проведении ПЭ в КГ и ЭГ изменялся пятидневный тренировочный предсоревновательный мезоцикл [10], который в ЭГ включал занятия по программе ППС. Представлен пример планирования первой недели занятий силовыми тренировками (табл. 2).

Формирующим воздействием в ЭГ явились комплексные методы психологической подготовки, которые сопровождали тренировочный процесс. Проведен сравнительный анализ силовых данных полученных при проведении ПЭ (табл. 3, 4).

Данные таблицы 3 показывают различия величин приростов силовых показателей в ЭГ и КГ молодых пауэрлифтеров, зависящие от фактора пола. В КГ девушек прирост силовых показателей на итоговом этапе педагогического эксперимента (ПЭ) составил в сумме троеборья 142,5 кг, тогда как в КГ юношей — 215 кг. В ЭГ девушек — 190 кг и в ЭГ юношей — 250 кг. Можно видеть, что ППС обеспечило существенный прирост силовых показателей спортсменов, прогрессия на итоговом этапе ПЭ в каждом упражнении была достоверной.

В процентном выражении (табл. 4) сравнение приростов силовых данных в КГ и ЭГ показало более выраженную прогрессию в ЭГ, составивший у девушек: 2,8% в приседаниях, 6,9% в жиме лежа, 0,4% в становой тяге. В группе юношей превышение ЭГ по сравнению с КГ равнялось: 0,3% в приседаниях, 2,4% в жиме лежа, 1,5% в становой тяге. То есть прирост силовых показателей в ЭГ у пауэрлифтеров обоего пола выше, чем в КГ, что свидетельствует об эффективности психологического сопровождения спортсменов.

У девушек суммарный средний прирост по сумме троеборья составил в КГ 5,5%, а в ЭГ 8,6%, то есть на 3,1% выше. У юношей в КГ суммарный прирост составил 3,7%, а в ЭГ 5,1%, то есть на 1,4% выше, у девушек процентный прирост силовых результатов в 2 раза выше.

Следовательно, получены значимые приросты силовых результатов упражнений под влиянием ППС в ЭГ,

Таблица 1

**Формирующий комплекс методик психолого-педагогического сопровождения, использованный в педагогическом эксперименте для занятий в ЭГ пауэрлифтеров 18–25 лет**

Table 1

**Set of methods of psychological and pedagogical support used in a pedagogical experiment for experimental group of powerlifters aged 18–25**

№	Блоки комплекса	Методики комплекса
1.	Обучение целеполаганию (постановка соревновательных целей)	— обучение спортсменов постановке целей, — ранжирование целей по их значимости и последовательности достижения, — формирование установки на определенный результат, — выработка целеустремленности, решительности, настойчивости
2.	Формирование соревновательной готовности	— моделирование режима предстоящего соревнования, — поддержание высокой психофизической готовности, — отработка стереотипных решений нестандартных ситуаций
3.	Обучение копингу для формирования устойчивости эмоциональных процессов личности	— формирование состояния эмоционального удовлетворения от занятий спортом, — формирование предстартового состояния эмоциональной готовности — недопущение появления стартовой лихорадки, — поддержание устойчиво-позитивного настроения перед стартом, — ориентация на преодоление возрастающих эмоций: тревоги, дискомфорта, страха, эмоционального возбуждения и торможения
4.	Воздействия для активации мотивационных процессов личности	— построение мотивации достижения успеха и мотивации избегания неудачи, — мотивация высокой результативности — мотивация в полной мере использовать свою техническую, тактическую, психологическую подготовленность
5.	Использование различных методических инструментов самоконтроля и психорегуляции своего поведения и спортивной деятельности	— аутогенная тренировка: самопрограммирование и релаксация, — метод идеомоторной тренировки, — интеграция психологической подготовки с физической и технической подготовкой

зависящие от фактора пола. У девушек ЭГ прирост результатов силовых упражнений в абсолютных значениях и в процентах был в 2 раза больше, чем у юношей. Это можно объяснить более выраженной эмоциональностью, восприимчивостью (сенситивностью) девушек к психологическим влияниям, суггестивностью спортсменов, нейропсихологической основой которой может быть эквипотенциальность (баланс) активности полушарий мозга [8, 12]. Тогда как у юношей наблюдается толерантность к ППС на основе асимметрии активности полушарий с доминирующей левополушарной активностью, связанная с преобладанием вербально-логического мышления и меньшим влиянием на них методов ППС [8].

Обобщая педагогические наблюдения при проведении ПЭ, можно сказать, что на этапе предстартовой подготовки наблюдались различные варианты негативных предстартовых психологических состояний. Наиболее распространенными оказались следующие состояния атлетов:

**1. Преобладание процессов торможения в коре головного мозга (ГМ).** Проявляется пониженной

активностью процессов возбуждения и склонностью спортсменов к состояниям астении, заторможенности, апатии, вялости, низкой концентрации внимания, безразличия. Применялись возбуждающие средства: скоростно-силовая разминка, массаж, психологическое воздействие.

**2. перевозбуждение коры ГМ.** Выражается в чрезмерной активности, раздражении, вспыльчивости. Применялись методы релаксации, стретчинга.

**3. Запредельное (охранительное) торможение в коре ГМ.** Это состояние является следствием перевозбуждения, проявляется безразличием к происходящему, нежеланием выступать в соревнованиях. Требуется психорегулирующее воздействие, спокойная обстановка и отношение к молодому спортсмену, низкоинтенсивная нагрузка.

**4. Нестабильное эмоциональное состояние в ходе соревнования,** нежелание выступать, неуверенность в своих силах, наличие страха травмы, поражения, соперника. Требуется психорегулирующее воздействие, коррекция негативных состояний достигалась посредством волевого усилия, копинга, т.е. сознательного

Таблица 2

Пример недельного цикла пятинедельного тренировочного плана занятий пауэрлифтеров 18–25 лет в КГ и ЭГ  
(объем нагрузок в %) при проведении ПЭ (с 01.02.20 по 15.03.20)

Table 2

An example of a weekly five-week training cycle plan for powerlifters aged 18–25 years in the control  
and experimental groups (volume of load in %) during a pedagogical experiment (from 02/01/20 to 03/15/20)

Дата	№	Упражнение	1		2		3		4		5		6	
01.02.2020	1	Присед	50,0	x1x3	60,0	x2x3	70,0	x2x3	71,4	x3x2				
	2	Жим лежа	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x3	75,0	x3x2				
	3	Разводка		x4x8										
	4	Пресс		x3x10										
02.02.2020														
03.02.2020	1	Присед	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x3	80,0	x2x2	90,0	x1x1	95	x2x1
	2	Жим лежа	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x3	80,0	x2x2	90,0	x1x1	95	x2x1
	3	Становая тяга	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x2	80,0	x1x2	90,0	x1x1	95	x2x1
04.02.2020														
05.02.2020	1	Присед	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x3	80,0	x6x2				
	2	Наклонный жим	50,0	x1x3	60,0	x1x3	70,0	x2x3	80,0	x6x3				
	3	Разводка		x5x10										
	4	Присед	55,0	x1x3	65,0	x1x3	71,4	x4x3						
	5	Наклоны стоя		x5x5										
06.02.2020	1	Тяга до колен	50,0	x1x4	60,0	x1x4	70,0	x4x4						
	2	Наклонный жим		x6x4										
	3	Брусья		x5x6										
	4	Тяга с плинтов	55,0	x1x3	65,0	x1x3	75,0	x2x3	85,0	x4x3				
	5	Пресс		x5x10										
07.02.2020														
03.03.2020	<b>ОТДЫХ</b>													
04.03.2020– 06.03.2020	<b>СОРЕВНОВАНИЯ</b>													

Таблица 3

Силовые показатели и их процентное выражение в КГ и ЭГ пауэрлифтеров девушек и юношей 18–25 лет  
при проведении ПЭ

Table 3

Strength indicators and their percentage expression in the control and experimental groups of powerlifters (men and women)  
aged 18–25 years during a pedagogical experiment

	Присед		Жим		Становая	
	До ПЭ	После ПЭ	До ПЭ	После ПЭ	До ПЭ	После ПЭ
КГ девушки	95,7 кг	100,2 кг	56,2 кг	60 кг	114 кг	120 кг
	100%	104,7%	100%	106,6%	100%	105,2%
КГ юноши	178,5 кг	187,7 кг	126 кг	130 кг	203 кг	210,7 кг
	100%	105,1%	100%	103,1%	100%	103%
ЭГ девушки	89,5 кг	96,2 кг	50 кг	56,7 кг	112,7 кг	118,2 кг
	100%	107,5%	100%	113,5%	100%	104,8%
ЭГ юноши	164 кг	173 кг	122,5 кг	129,2 кг	203 кг	213 кг
	100%	105,4%	100%	105,5%	100%	104,5%



Таблица 4

Прогрессия силовых показателей (%) после проведения психолого-педагогического эксперимента при выполнении упражнений пауэрлифтерами КГ и ЭГ девушками и юношами 18–25 лет

Table 4

Progression of strength indicators (%) after a psychological and pedagogical experiment when performing exercises by powerlifters aged 18–25 years

Группы	Присед	Жим	Становая	Среднее по сумме троеборья
КГ девушки	4,7	6,6	5,2	5,5
КГ юноши	5,1	3,1	3,0	3,7
ЭГ девушки	7,5	13,5	4,8	8,6
ЭГ юноши	5,4	5,5	4,5	5,1

напряжения психических и физических возможностей, когда спортсмен преодолевал свои психологические трудности и тревожные состояния, поддерживал работоспособность в неблагоприятных условиях. Устранение чувства тревоги достигалось посредством формирования эмоциональной устойчивости, уверенности, целеустремленности спортсмена, базирующихся на хорошей физической форме. Готовность к успешной соревновательной деятельности достигалась применением специальной психической подготовки, направленной на помощь спортсмену в выборе и духовной опоры на важные ценности, на способности преодоления психологических барьеров, на четкую программу действий перед соревнованиями.

## 2. Заключение

В ЭГ в ходе тренировочной и соревновательной деятельности методами ППС формировалось умение управлять психическими состояниями, что определяло

### Вклад авторов:

**Берестяная Анастасия Николаевна** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Филиппова Светлана Николаевна** — написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Корнилов Алексей Николаевич** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Орешков Анатолий Павлович** — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

**Горелик Виктор Владимирович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

## Литература

1. Андрущишин А.Ф. Основы комплексной системы психолого-педагогической подготовки спортсменов. Спортивный психолог. 2008;(1):18–27.
2. Бабушкин Г.Д., Яковлев Б.П., Ковбель С.О. Влияние психологической подготовленности тяжелоатлетов высокой

экспериментально подтвержденный повышенный тренировочный предсоревновательный результат молодых атлетов.

## 3. Выводы

1. Применение в комплексе с силовыми тренировками разработанной программы психологического сопровождения привело к достоверному приросту силовых показателей, определяемых величиной веса, поднятого пауэрлифтерами 18–25 лет, с учетом фактора пола.

2. Силовые показатели девушек прогрессировали в 2 раза более выражено, чем юношей.

3. При проведении психологического сопровождения надо учитывать гендерные особенности пауэрлифтеров, поскольку девушки проявили чувствительность, а юноши — толерантность к психологическим воздействиям, что может зависеть от связанного с полом фактора индивидуальных различий асимметрии полушарий головного мозга.

### Authors' contributions:

**Anastasiya N. Berestyayana** — article text writing, collection and processing of material.

**Svetlana N. Filippova** — article text writing, editing, approval of the article final version

**Alexey N. Kornilov** — article text writing, collection and processing of material.

**Anatoliy P. Oreshkov** — article text writing, collection and processing of material.

**Viktor V. Gorelik** — editing, approval of the article final version.

## References

1. **Andrushhishin A.F.** Fundamentals of an integrated system of psychological and pedagogical training of athletes. Sportivnyi psiholog [Sports Psychologist]. 2008;(1):18–27 (In Russ.).
2. **Abushkin G.D., Yakovlev B.P., Kovbel' S.O.** Influence of psychological preparedness of highly qualified weightlifters on the

квалификации на результативность соревновательной деятельности. Спортивный психолог. 2016;(1):41–46.

3. **Коноплева А.Н., Карданова Е.В.** Влияние средств и методов саморегуляции на результативность соревновательной деятельности спортсменов-тяжелоатлетов. Теория и практика физической культуры. 2018;(4):19–21.

4. **Павлов С.Е., Павлов А.С., Павлова Т.Н.** Современные технологии подготовки спортсменов высокой квалификации. Москва: ОнтоПринт; 2019.

5. **Родионова И.А.** Организация психологической подготовки в системе интегральной подготовки спортсменов. Спортивный психолог. 2011;(1):28–32.

6. **Сопов В.Ф.** Эмоциональная саморегуляция: теоретические и прикладные аспекты. Самара: Изд. СГПУ; 2002.

7. **Устинов С.И., Беляев В.С., Черногоров Д.Н., Гросс Е.Р.** Влияние психологического состояния квалифицированных тяжелоатлетов на соревновательную деятельность. В: Актуальные проблемы физического воспитания студентов. Материалы Международной научно-практической конференции, 30–31 января 2019 г. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия; 2019. с. 520–524.

8. **Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Бudyка Е.В., Ениколопова Е.В.** Нейропсихология индивидуальных различий. Москва: Роспедагентство; 1997.

9. **Черногоров Д.Н., Устинов С.И.** Роль психологической подготовленности квалифицированных тяжелоатлетов. В: Современные технологии в физическом воспитании и спорте. Матер. Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. Тула: ТППО; 2018. с. 229–231.

10. **Шейко Б.И.** Пауэрлифтинг. От новичка до мастера. Москва: Актиформула; 2013.

11. **Яковлев Б.П., Бабушкин Г.Д., Ковбель С.О., Усаева Н.Р.** Психологическая подготовленность тяжелоатлетов высокой квалификации и результативность соревновательной деятельности. Теория и практика физической культуры. 2016;(3):86–88.

12. **Яковлев Б.П.** Мотивация и эмоции в спортивной деятельности. Москва: Советский спорт; 2014.

effectiveness of competitive activity. Sportivnyi psiholog [Sports Psychologist]. 2016;(1):41–46 (In Russ.).

3. **Konopleva A.N., Kardanova E.V.** Influence of Means and Methods of Self-Regulation on Competitive Performance of Weightlifters. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture. 2018;(4):19–21 (In Russ.).

4. **Pavlov S.E., Pavlov A.S., Pavlova T.N.** Modern technologies for training of highly qualified athletes. Moscow: OntoPrint Publ.; 2019 (In Russ.).

5. **Rodionova I.A.** Organization of psychological training in the system of integral training of athletes. Sportivnyi psiholog [Sports Psychologist]. 2011;(1):28–32 (In Russ.).

6. **Sopov V.F.** Jemocional'naja samoreguljacija: teoreticheskie i prikladnye aspekty. Samara: Publishing House Samara State Pedagogical University; 2002 (In Russ.).

7. **Ustinov S.I., Belyaev V.S., Chernogorov D.N., Gross E.R.** Influence of psychological state of qualified weight-lifters on competitive activity. In: Actual problems of physical education of students. Materials of the International Scientific and Practical Conference, January 30-31, 2019. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy; 2019. p. 520–524 (In Russ.).

8. **Khomskaya E.D., Efimova I.V., Budyka E.V., Enikolopova E.V.** Neuropsychology of Individual Differences. Moscow: Rospedagentstvo Publ.: 1997 (In Russ.).

9. **Chernogorov D.N., Ustinov S.I.** The role of psychological preparedness of qualified weightlifters. In: Modern technologies in physical education and sports. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. Tula: TPPO; 2018. p. 229–231 (In Russ.).

10. **Sheiko B.I.** Powerlifting. From beginner to master. Moscow: Aktiformula Publ.; 2013 (In Russ.).

11. **Yakovlev B.P., Babushkin G.D., Kovbel' S.O., Usaeva N.R.** Psychological Fitness of Elite Weightlifters and Competitive Performance. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture. 2016;(3):86–88 (In Russ.).

12. **Yakovlev B.P.** Motivation and emotions in sports activities. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2014 (In Russ.).

#### Информация об авторах:

**Берестяная Анастасия Николаевна\***, к.б.н., магистрант кафедры оздоровительной и адаптивной ФК ФГБОУ ВО «Московский государственный областной педагогический университет», мастер спорта международного класса по пауэрлифтингу, Россия, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Володиной, 24. ORCID: <https://0000-0002-5468-3623> (a.berestyayana@ya.ru)

**Филиппова Светлана Николаевна**, д.б.н., профессор кафедры оздоровительной и адаптивной ФК ФГБОУ ВО «Московский государственный областной педагогический университет», доцент кафедры педагогики, психологии и информационного права ФГБОУ ВО «Российский Государственный социальный университет», филиала РГСУ в г. Клину, Россия, 141014, Московская обл., г. Мытищи, ул. Веры Володиной, 24. ORCID: <https://0000-0003-3626-6372> (svetjar@mail.ru)

**Корнилов Алексей Николаевич**, к.п.н., заместитель директора спортивного комплекса «Метеор», Центра тестирования ВФСК ГТО г. Балашиха, мастер спорта по тяжелой атлетике, Россия, 143904, Московская обл., г. Балашиха, ул. Молодежная, 22. ORCID: <https://0000-0002-6457-093X> (meteor-sport@inbox.ru)

**Орешков Анатолий Павлович**, директор спортивного комплекса «Метеор», Центра тестирования ВФСК ГТО г. Балашиха, мастер спорта по тяжелой атлетике, Россия, 143904, Московская обл., г. Балашиха, ул. Молодежная, 22. ORCID: <https://0000-0002-2367-2171> (meteor-sport@inbox.ru)

**Горелик Виктор Владимирович**, к.б.н., доцент кафедры адаптивной физической культуры, спорта и туризма, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Россия, 445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14. ORCID: <https://0000-0001-8767-5200> (legoy@list.ru, +7 (987) 936-72-75)

#### Information about authors:

**Anastasiya N. Berestyayana\***, PhD (Biology), Master's student of the Department of Health and Adaptive Physical Education of the Moscow State Regional University, Master of Sports of International Class in Powerlifting, 24, Vera Voloshina str., Moscow Region, Mytishchi, 141014, Russia. ORCID: <https://0000-0002-5468-3623> (a.berestyayana@ya.ru)

**Svetlana N. Filippova**, D.Sc. (Biology), Professor of the Department of Health and Adaptive Physical Education of the Moscow State Regional Pedagogical University, Associate Professor of the Department of Pedagogy, Psychology and Information Law of the Russian State Social University, Klin branch, 24, Vera Voloshina str., Moscow Region, Mytishchi, 141014, Russia. ORCID: <https://0000-0003-3626-6372> (svetjar@mail.ru)

**Alexey N. Kornilov**, Ph.D (Pedagogy), Deputy Director of the Sports Complex "Meteor", master of sports in weightlifting, 22, Molodyozhnaya str., Moscow region, Balashikha, 143904, Russia. ORCID: <https://0000-0002-6457-093X> (meteor-sport@inbox.ru)

**Anatoliy P. Oreshkov**, Director of the Sports Complex "Meteor", master of sports in weightlifting, 22, Molodyozhnaya str., Moscow region, Balashikha 143904, Russia. ORCID: <https://0000-0002-2367-2171> (meteor-sport@inbox.ru)

**Viktor V. Gorelik**, Ph.D (Biology), Associate Professor of the Department of Adaptive Physical Education, Sports and Tourism, Togliatti State University, 14, Belorusskaya str., Samara Region, Tolyatti, 445020, Russia. ORCID: <https://0000-0001-8767-5200> (legoy@list.ru, +7 (987) 936-72-75)





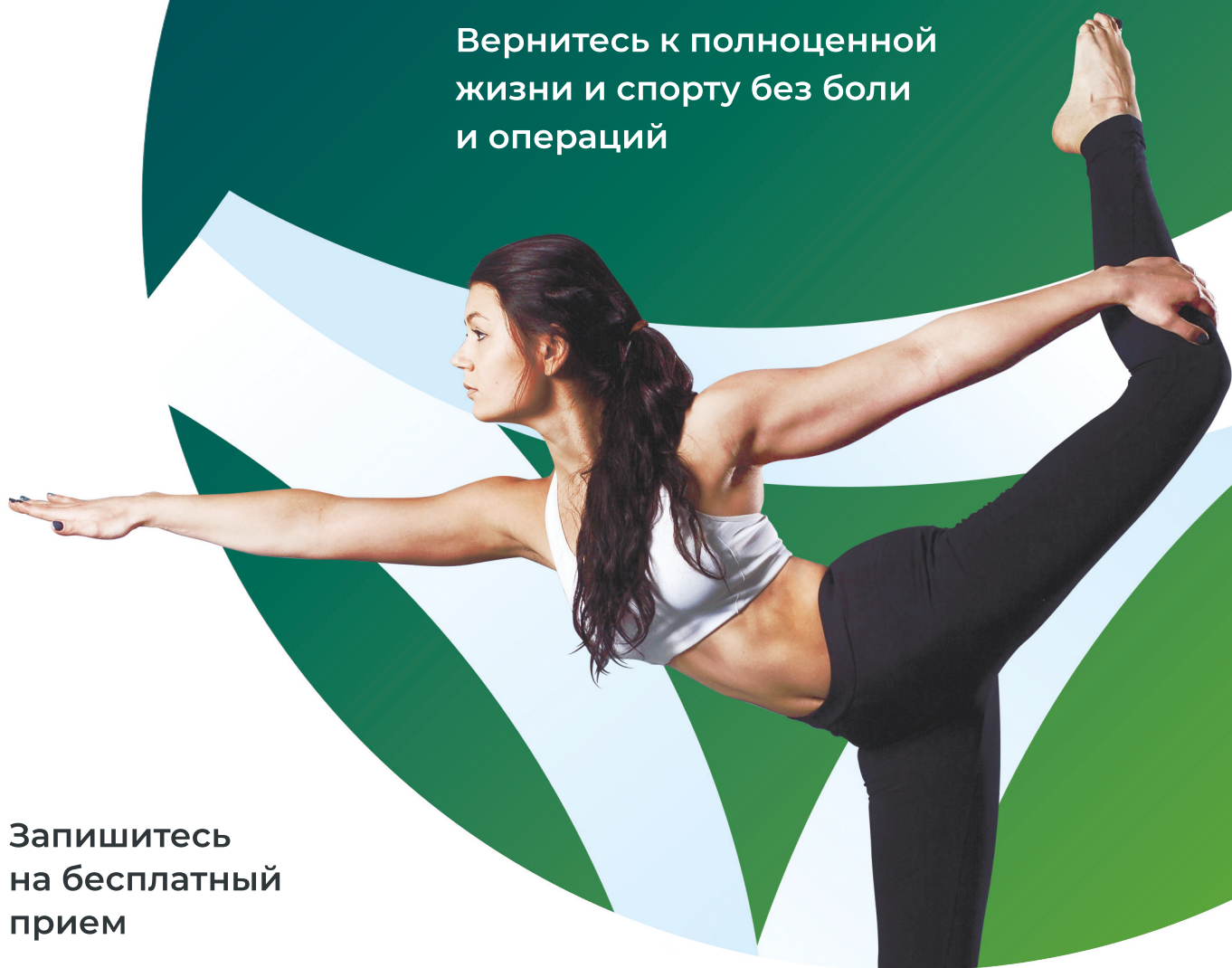


RēMEDICA

*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)

