

ISSN: 2223-2524

eISSN: 2587-9014

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2>



# Спортивная Медицина:

наука и практика



T. 11 №2

2021

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



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ  
спортивная медицина

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

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

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

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

#### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

**Шкробко А.Н.** — проф., д.м.н., проректор по учебной работе, зав. каф. лечебной физкультуры и врачебной работы 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 Ersipamer» of the Sapienza University of Rome (Rome, Italy)

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

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

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

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

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

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

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

**ВИДЫ ПУБЛИКУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ:**

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

**Издатель:**

Некоммерческое партнерство «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП «НЭИКОН»)

115114, Москва, ул. Летниковская, д. 4, стр. 5, офис 2.4

тел./факс: +7 (499) 754-99-94

<https://neicon.ru/>

**Заведующая редакцией журнала:**

Юрку Ксения Алексеевна

Тел.: +7 (926) 648-78-64

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

**Редакция:**

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

**Типография:**

ООО «Типография Сити Принт», 129226, Россия, Москва, ул. Докукина, д. 10, стр. 41

**Сайт:**

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

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

Подписано в печать 10.08.2021

Формат 60x90/8

Тираж 1000 экз.

Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

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

Журнал издается с 2011 года  
Периодичность — 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 90998

© Спортивная медицина: наука и практика, 2021

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Физиология и биохимия спорта**

*С.П. Алпатов, И.В. Коновалов, Г.О. Дибирова, Е.В. Калинина, С.Е. Милешина, М.Д. Цицуаивили, И.А. Жирова, А.Г. Кочетов, С.А. Парастаев*  
Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации . . . . . 5

*Ю.Е. Вагин*  
Психофизиологические процессы, обеспечивающие достижение спортивного результата . . . . . 12

*З.И. Жолдакова, Р.С. Рахманов, Р.Ш. Хайров*  
Оценка риска здоровью хоккеистов с шайбой по предикторам, характеризующим напряжение адаптационных систем организма . . . . . 18

**Спортивное питание**

*Е.Ю. Сорокина, А.В. Погожева, Д.Б. Никитюк*  
Изучение ассоциации полиморфизма генов с риском алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов-единоборцев . . . . . 25

**Реабилитация**

*М.Н. Величко, А.М. Белякова, Е.О. Храброва, А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, А.А. Хан*  
Этапы возвращения к спортивной нагрузке после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19. . . . . 34

*А.С. Могельницкий, О.А. Чурганов, А.Г. Щуров, А.А. Яковлев*  
Возможности мануальной общей лимфодренажной коррекции в комплексной терапии миофасциального болевого синдрома у спортсменов . . . . . 38

**Функциональная диагностика**

*С.В. Гудимов, А.Н. Шкробко, И.А. Осетров, И.Е. Плещев, М.А. Кузнецов*  
Характеристика компонентного состава тела представителей игрового и циклического видов спорта . . . . . 45

**Спортивная травматология**

*Б. Кацпшак, Н. Сиуба-Ярош*  
Презентация теста BK21 (Кацпшак) как менее травматичной альтернативы тесту Лахмана и тесту Drog Leg при диагностике разрыва передней крестообразной связки. . . . . 52

*А.О. Павлов, А.Д. Стрельцов, С.В. Прокопенко, Е.В. Портнягин, Е.Ю. Можейко, Н.К. Комарова, А.Н. Наркевич*  
Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки . . . . . 58

**Спортивная психология**

*В.И. Пустовойт, С.Е. Назарян, Е.Я. Адоева, М.С. Ключников, Н.А. Кириченко, А.С. Самойлов*  
Пилотное исследование по оценке эффективности психокорректирующих методов с использованием ЭЭГ-тренинга и очков виртуальной реальности у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта . . . . . 67

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



**FEATURED TOPICS:**

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

**TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:**

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

**Publisher:**

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

**Managing editor:**

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

**Editorial Office:**

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

**Printed by**

Printing office City Print LLC  
10/41, Dokukin str., Moscow, 129226, Russia

**Websites:**

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

Published: 10 August 2021  
60x90/8 Format  
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

Published since 2011  
4 issues per year

«Russian Press» catalog index — 90998

© Sports medicine: research and practice, 2021

## CONTENTS

### Sports Physiology and Biochemistry

*Sergey P. Alpatov, Ivan V. Kononov, Gyunara O. Dibirova, Elena V. Kalimina, Svetlana E. Mileshina, Maya D. Tsitsuashvili, Irina A. Zhirova, Anatoliy G. Kochetov, Sergey A. Parastaev*  
Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers . . . . . 5

*Yuriy E. Vaguine*  
Psychophysiological processes, ensuring the achievement of sports results . . . . . 12

*Zoya I. Zholdakova, Rofail' S. Rakhmanov, Rashed Sh. Khayrov*  
The evaluation of the health risk in ice hockey players based on the predictors that characterize the tension of adaptive organism systems . . . . . 18

### Sports Supplements

*Elena Yu. Sorokina, Alla V. Pogozeva, Dmitriy B. Nikityuk*  
Study of the association of gene polymorphism with the risk of non-communicable diseases in martial artists . . . . . 25

### Rehabilitation

*Maxim N. Velichko, Anna M. Belyakova, Ekaterina O. Hrabrova, Alexander S. Samoylov, Natalya V. Rylova, Alexey V. Khan*  
Graduated return to play guidance following COVID-19 infection . . . . . 34

*Alexander S. Mogelnitskiy, Oleg A. Churganov, Alexey G. Shchurov, Alexey A. Yakovlev*  
Possibilities of general manual lymphatic drainage correction as a part of complex therapy of myofascial pain syndrome in athletes. . . . . 38

### Functional Testing

*Stanislav V. Gudimov, Alexander N. Shkrebko, Igor A. Osetrov, Igor E. Pleshcheev, Mikhail A. Kuznetsov*  
The characteristic of the component body composition of athletes involved in game-based and cyclic kinds of sports . . . . . 45

### Sports Traumatology

*Bartłomiej Kacprzak, Natalia Siuba-Jarosz*  
Presentation of the bk21 (Kacprzak) test as a less traumatic alternative to the Lachman test and Drop Leg test in diagnosing anterior cruciate ligament tear. . . . . 52

*Alexey O. Pavlov, Alexey D. Strelcov, Semen V. Prokopenko, Evgeny V. Portnyagin, Elena Yu. Mozheyko, Nina K. Komarova, Artem N. Narkevich*  
Complications of the recovery period after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament . . . . . 58

### Sports Psychology

*Vasiliy I. Pustovoit, Svetlana E. Nazaryan, Elena Ya. Adoeva, Mikhail S. Klyuchnikov, Nikolay A. Kirichenko, Aleksandr S. Samoilov*  
Pilot study on the evaluation of the effectiveness of psychocorrection methods that include EEG-training and VR headset in athletes involved in extreme kinds of sports . . 67

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**

**sia**  
Scientific Indexing Services

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

УДК 615.272

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



## Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации

С.П. Алпатов<sup>1,\*</sup>, И.В. Коновалов<sup>1</sup>, Г.О. Дибирова<sup>1</sup>, Е.В. Калинина<sup>1</sup>, С.Е. Милешина<sup>1</sup>,  
М.Д. Цицуашвили<sup>1</sup>, И.А. Жирова<sup>3</sup>, А.Г. Кочетов<sup>2,3</sup>, С.А. Парастаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** сравнительный анализ биохимических параметров крови (мочевина, АЛТ, АСТ, КФК, кортизола, тестостерона и отношения тестостерон/кортизол) в группах спортсменов-борцов высокого класса с разным уровнем спортивных достижений.

**Материалы и методы:** в исследование были включены спортсмены мужского пола ( $n = 78$ ), члены сборной команды России по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст — 25,2 (21,5–28,9) года, средний вес — 76,9 (68,4–83,4) кг. Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены ( $n = 19$ ), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, мира, Олимпийские игры), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) — не имеющие подобных достижений ( $n = 59$ ). Исследовались биохимические показатели: мочевины, КФК, АЛТ, АСТ, тестостерон, кортизол, индекс анаболизма (ИА).

**Результаты:** абсолютные значения всех метаболитов у обследованных спортсменов находились в пределах референтных интервалов. Между группами сравнения по уровню спортивных достижений выявлены статистически значимые различия большинства биохимических показателей. В группе СВД отмечался статистически значимый сдвиг относительно группы ВСС в сторону увеличения уровня метаболитов, которые характеризуют преобладание анаболических процессов: АЛТ, тестостерон, ИА. Уровни метаболитов, повышение которых отражает активность процессов катаболизма и неадекватность или недостаточность адаптационных процессов, в группе СВД были статистически значимо ниже, чем в группе ВСС. Вышеуказанные сдвиги абсолютных значений биохимических показателей подтвердились при корреляционном анализе.

**Заключение:** полученные результаты позволяют отметить оптимальную адаптацию к данному виду спорта, а также адекватность обменных процессов у спортсменов группы со сверхвысокими спортивными результатами.

**Ключевые слова:** биохимические параметры крови, спортсмены высокой квалификации, физическая нагрузка, адаптация

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

**Для цитирования:** Алпатов С.П., Коновалов И.В., Дибирова Г.О., Калинина Е.В., Милешина С.Е., Цицуашвили М.Д., Жирова И.А., Кочетов А.Г., Парастаев С.А. Биохимические индикаторы спортивных достижений у борцов высокой квалификации. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

Поступила в редакцию: 08.03.2021

Принята к публикации: 25.06.2021

Online first: 21.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers

Sergey P. Alpatov<sup>1,\*</sup>, Ivan V. Kononov<sup>1</sup>, Gyulnara O. Dibirova<sup>1</sup>, Elena V. Kalinina<sup>1</sup>, Svetlana E. Mileshina<sup>1</sup>, Maya D. Tsitsuashvili<sup>1</sup>, Irina A. Zhironova<sup>3</sup>, Anatoliy G. Kochetov<sup>2,3</sup>, Sergey A. Parastayev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of Laboratory Medicine, Moscow, Russia

<sup>3</sup> RUDN University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to conduct comparative analysis of blood biochemical parameters (urea, ALT, AST, creatinase, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio) in groups of high-class wrestlers with different levels of sports achievements.

**Materials and methods:** male athletes ( $n = 78$ ), members of the Russian national team in one of the types of wrestling (the average age is 25.2 (21.5–28.9) years, the average weight is 76.9 (68.4–83.4) kg) were recruited to this study. The examined athletes were divided into two groups according to their sporting achievements. The first one — SHA group (super-high achievements) which included athletes ( $n = 19$ ) who had victories and prizes at the largest international competitions (European, World, Olympic Games), and the second group — MNT group (members of the national team) which included athletes that did not have similar achievements ( $n = 59$ ). The following biochemical parameters were studied: urea, creatine kinase, ALT, AST, testosterone, cortisol, anabolic index (AI).

**Results:** the absolute values of all metabolites in the examined athletes were within the reference intervals. Statistically significant differences in most of the biochemical parameters were revealed between the compared groups in terms of the level of sports achievements. The SHA group showed a statistically significant shift in relation to MNT group, in direction of increasing the level of metabolites that characterize the predominance of anabolic processes — ALT, testosterone, AI. Metabolite levels, increase which reflects catabolic processes activity and inadequate or insufficient adaptation processes, in the SHA group were significantly lower than in the MNT group. The above changes of the absolute values of biochemical parameters were confirmed by correlation analysis.

**Conclusions:** the obtained results allow us to state the optimal adaptation of this sport, the adequacy of metabolic processes in the group of highly qualified athletes.

**Keywords:** blood biochemical parameters, highly qualified athletes, physical activity, adaptation

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

**For citation:** Alpatov S.P., Konovalov, I.V., Dibirova G.O., Kalinina E.V., Milesheva S.E., Tsitsuashvili M.D., Zhironova I.A., Kochetov A.G., Parastayev S.A. Biochemical indicators of sports achievements in highly qualified wrestlers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):5–11 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.1>

**Received:** 8 March 2021

**Accepted:** 25 June 2021

**Online first:** 21 July 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Физические и психологические нагрузки современного спорта высших достижений предполагают высокий уровень развития генетически детерминированной способности к их преодолению, т.е. стабильности функционирования систем жизнеобеспечения в условиях экстремальных стрессорных воздействий. Спортсмен, вышедший на уровень включения в состав национальной сборной команды, вне всяких сомнений, обладает не только высочайшим уровнем технико-тактической подготовленности и достаточными функциональными резервами, но и устойчивой готовностью к максимальному проявлению своих лучших качеств в планируемые периоды времени. Однако даже индивидуализированные программы спортивной подготовки и ее медико-биологического сопровождения не позволяют большинству атлетов становиться победителями и призерами крупнейших международных соревнований.

Спортивная результативность зависит от множества факторов, решающим из которых является способность набирать, сохранять и восстанавливать оптимальную спортивную форму. Одним из доступных методов, помогающих объективизировать данное состояние, оценить эффективность адаптационных механизмов, индуцированных нагрузками различной направленности и интенсивности, является рутинное биохимическое исследование крови, которое может выполняться в любой клинико-диагностической лаборатории. Уровни биохимических маркеров крови отражают эффективность приспособительных реакций (включая срочные и отсроченные изменения состава крови) на тренировочные стимулы, что позволяет полноценно оценивать влияние предъявляемых нагрузок и динамику восстановления,

актуальный уровень подготовленности. При этом модифицируемые параметры нагрузок (продолжительность, интенсивность, кратность) составляют сущность так называемых «внешних» нагрузок, а переносимость последних отражает «внутренние» нагрузки [1]. Именно индикаторный (маркерный) подход, отражающий взаимосвязь «внешних» и «внутренних» нагрузок, позволяет подойти к решению и эффективному выполнению задачи по контролю и предотвращению негативного влияния спортивных нагрузок на показатели здоровья и травматизма.

По данным литературы, наиболее чувствительными показателями, реагирующими на разовые и систематически физические нагрузки, являются:

- концентрация мочевины как конечного продукта катаболизма белков;
- активность трансаминаз (аланин- и аспартатами-нотрансферазы, АЛТ и АСТ соответственно) как интегральных маркеров цитолитического синдрома и/или критериев стабильности функционирования органных систем;
- активность креатинфосфокиназы (КФК) как индикатора энергетических процессов в мышцах;
- концентрация гормонов тестостерона и кортизола, а также отношение между указанными гормонами как индикаторами процессов анаболизма и адаптации [2, 3].

И здесь надо отметить, что планомерный анализ накопленного на сегодняшний день информационного массива может помочь в решении одной из основополагающих задач современной спортивной медицины — прогнозирования вероятного спортивного результата по характеру взаимосвязей лабораторных параметров.

Целью настоящего исследования являлся сравнительный анализ вышеперечисленных параметров крови в группах спортсменов-борцов высокого класса с разным уровнем спортивных достижений.

## 2. Материалы и методы

К исследованию были привлечены спортсмены мужского пола ( $n = 78$ ), члены сборной команды России по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст — 25,2 (21,5–28,9) года, средний вес — 76,9 (68,4–83,4) кг. Включенным в выборку спортсменам в рамках углубленных медицинских и этапных комплексных обследований (УМО и ЭКО соответственно) проводилось исследование биохимических параметров крови.

Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены ( $n = 19$ ), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, мира, Олимпийские игры), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) — не имеющие подобных достижений ( $n = 59$ ).

Исследование биохимических показателей сыворотки крови осуществлялось на анализаторе Konelab 20 (Финляндия). Референсные значения в соответствии с инструкцией к наборам реагентов составили для мочевины 2,5–7,5 ммоль/л, КФК 25–200 Е/л, АЛТ менее 40 Е/л, АСТ менее 40 Е/л, тестостерона 9,0–42,0 нмоль/л, кортизола 150–770 нмоль/л. С целью интегральной оценки состояния организма спортсменов рассчитывался индекс анаболизма (ИА) по формуле:  $IA (\%) = (\text{тестостерон} / \text{кортизол}) \times 100 \%$ .

Статистическая обработка данных исследования проведена с использованием пакета прикладных программ SPSS, Microsoft Excel. Измеренные параметры имели нормальное распределение при проверке методом Колмогорова — Смирнова, а также по значениям асимметрии и эксцесса, а сравнение результатов исследования между группами проводилось с использованием доверительных интервалов и  $t$ -критерия для независимых

выборок. Различие считалось статистически значимым при расхождении доверительных интервалов и/или при величине  $t$ -критерия на уровне значимости  $p < 0,05$ . Ассоциации между показателями изучались с использованием корреляционного анализа по Пирсону.

## 3. Результаты исследования и их обсуждение

Абсолютные значения всех метаболитов у обследованных спортсменов находились в пределах референтных интервалов. Между группами сравнения по уровню спортивных достижений выявлены статистически значимые различия большинства биохимических показателей (табл. 1).

Как следует из представленной таблицы, в группе СВД отмечается статистически значимый сдвиг относительно группы ВСС в сторону некоторого (в пределах референтных значений) увеличения содержания метаболитов, которые в большей степени характеризуют преобладание анаболических процессов: АЛТ, тестостерон, ИА. Метаболиты, повышение уровней которых преимущественно отражает активность процессов катаболизма и неадекватность или недостаточность адаптационных процессов, в группе СВД были статистически значимо ниже, чем в группе ВСС.

Вышеуказанные сдвиги абсолютных значений биохимических показателей подтвердились при корреляционном анализе (табл. 2).

Выявлены прямые сильные ассоциации между сверхвысокими достижениями и абсолютными значениями АЛТ, тестостерона, ИА. Соответственно, наблюдалась обратная сильная ассоциация сверхвысоких достижений с концентрацией мочевины и обратная средней силы с концентрацией кортизола.

В первую очередь, в группе СВД обращает на себя внимание более низкий уровень мочевины. Концентрация мочевины в практике биохимического контроля в спорте используется как один из наиболее информативных показателей оценки переносимости изнуряющих физических нагрузок и эффективности (качества) процессов восстановления после них.

Таблица 1

Уровни биохимических показателей у борцов высокой квалификации с различными спортивными достижениями

Table 1

The levels of biochemical indicators in highly qualified wrestlers with various sports achievements

Показатель / Indicator	ВСС, $n = 59$ / SHA, $n = 59$	СВД, $n = 19$ / MNT, $n = 19$	Различие (СВД-ВСС) / Difference (MNT-SHA)	$p$
Мочевина, ммоль/л / Urea, mMol/l	6,65(6,46–6,84)	5,81 (5,58–6,05)	-0,84 (-1,11/-0,56)	<0,001
КФК, Е/л / Creatinkinase, E/l	329,2(280,5–378,0)	376,3 (308,7–444,0)	47,1 (-28,0/+122,4)	0,195
АЛТ, Е/л / ALT, E/l	27,3(25,6–29,0)	31,0 (29,3–32,7)	+3,71 (1,60–5,83)	0,002
АСТ, Е/л / AST, E/l	36,6(34,3–38,9)	40,0 (36,5–43,5)	3,43 (-0,34/+7,20)	0,070
Тестостерон, нмоль/л / Testosterone, nMol/l	22,9(21,7–24,0)	25,0 (23,3–26,7)	+2,14 (0,31–3,98)	0,026
Кортизол, нмоль/л / Cortisol, nMol/l	584,6(549,5–619,8)	514,3 (452,3–576,3)	-70,3 (-135,7/-4,97)	0,038
ИА, % / AI, %	4,62(4,21–5,03)	5,92 (4,96–6,89)	+1,3 (0,32–2,29)	0,016

Таблица 2

Коэффициенты корреляции спортивных достижений и биохимических показателей у борцов высокой квалификации

Table 2

The correlation coefficients of sporting achievements and biochemical parameters in highly qualified wrestlers

Показатель / Indicator	Спортивные достижения (ВСС/СВД) / Sports achievements (SHA/MNT)	АЛТ / ALT	Тестостерон / Testosterone	ИА / AI	Мочевина / Urea	Кортизол / Cortisol	КФК / Creatin kinase	АСТ / AST
Спортивные достижения (ВСС/СВД) / Sports achievements (SHA/MNT)	1	0,817**	0,624*	0,656*	-0,872**	-0,549*	0,337	0,308
АЛТ / ALT	0,817**	1	0,583*	0,485	-0,628*	-0,336	0,095	0,16
Тестостерон / Testosterone	0,624*	0,583*	1	0,449	-0,478	-0,17	0,292	0,149
ИА / AI	0,656*	0,485	0,449	1	-0,704**	-0,931**	0,33	0,374
Мочевина / Urea	-0,872**	-0,628*	-0,478	-0,704**	1	0,724**	-0,311	-0,345
Кортизол / Cortisol	-0,549*	-0,336	-0,17	-0,931**	0,724**	1	-0,24	-0,342
КФК / Creatin kinase	0,337	0,095	0,292	0,33	-0,311	-0,24	1	0,869**
АСТ / AST	0,308	0,16	0,149	0,374	-0,345	-0,342	0,869**	1

Примечание / Note. \* &lt;0,05; \*\* &lt;0,01.

Как известно, данное соединение  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$  является конечным продуктом обмена белков и образуется в печени в процессе детоксикации аммиака ( $\text{NH}_3$ ), элиминируется почками. Главным фактором изменения концентрации мочевины в крови является физическая нагрузка.

Изменение концентрации мочевины позволяет оценить степень использования белка в качестве энергетического субстрата (в процессе глюконеогенеза) [4]. Поэтому факт выявления сниженного его содержания в группе СВД (в сравнении с ВСС), с нашей точки зрения, свидетельствует о более высокой энергообеспеченности мышц у спортсменов СВД и преобладании анаболических процессов.

Об этом же свидетельствует более высокая активность КФК в группе СВД.

КФК (или КК — креатинкиназа) — фермент, катализирующий реакцию переноса фосфорильного остатка (фосфатной группы  $\text{PO}_3^-$ ) с аденозинтрифосфата (АТФ) на креатин (с образованием высокоэнергетического соединения креатинфосфата — КФ, а также аденозиндифосфата — АДФ) и обратно. КФ-целнок задействован в обеспечении сократительной активности при нагрузках любой интенсивности — от минимальной до предельной, а уровень активности данного механизма определяется потребностью мышечной ткани в энергии [5]. В связи с очень небольшим содержанием АТФ в мышечной ткани в сравнении с потребностью в нем клетки для поддержания жизнеспособности и сократимости должны постоянно восполнять запасы данного

субстрата, и уровень КФК отражает активность этого процесса [6, 7].

Литературные данные о динамике ферментативной активности сывороточной КФК у спортсменов противоречивы, и отличия, главным образом, обусловлены типом преобладающей физической нагрузки — аэробная или анаэробная: у представителей скоростно-силовых видов, единоборств, сущность которых определяют анаэробные механизмы энергообеспечения, уровень КФК, как правило, выше, чем у представителей циклических видов спорта, в которых преобладает аэробное обеспечение [8, 9].

В нашем исследовании выявлена статистически незначимая, но явная тенденция более высокой активности КФК в группе СВД — средней силы прямая корреляционная связь и более высокие абсолютные значения. Это подтверждает важность именно анаэробных механизмов энергообеспечения в данном виде спорта для достижения сверхвысоких спортивных результатов.

АЛТ, АСТ — внутриклеточные ферменты, катализируют реакции трансаминирования, являются ключевыми ферментами обмена и взаимного синтеза аминокислот и кетокислот. АСТ и АЛТ способствуют синтезу аминокислот из кетокислот, которые образуются в реакциях гликолиза и цикла Кребса, или, наоборот, превращению аминокислот в кетокислоты, которые могут впоследствии использоваться на энергетические нужды. В ситуациях, не связанных с цитолизом, активация АЛТ чаще всего обусловлена необходимостью увеличения

количества пирувата, участвующего в синтезе глюкозы по реакциям глюконеогенеза, а активация АСТ — необходимостью синтеза альфа-кетоглутарата, центрального метаболита в синтезе аминокислот и, соответственно, белков [10–12].

Средней силы прямая ассоциация активности АСТ с группой СВД и более высокая активность данного фермента в группе СВД свидетельствуют о более активных в данной группе анаболических белковых процессах. Отсутствие статистической значимости пока не позволяет утверждать это как доказанный факт, но налицо выраженная тенденция к повышению АСТ при наличии сверхвысоких спортивных достижений.

Статистически значимое повышение активности АЛТ в группе СВД указывает на более высокую энергообеспеченность спортсменов данной группы, основанную на дополнительной адекватной поддержке уровня глюкозы, потребление которой резко вырастает при предельных нагрузках, характерных для спорта высоких достижений.

Представители группы СВД отличаются более высоким значением индекса анаболизма (выраженным в процентах отношением концентрации тестостерона к содержанию кортизола) — ИА. Данный индекс рассматривается как один из методов экспресс-оценки адекватности тренировочных нагрузок: снижение величины ИА ниже 3 % трактуется как относительный признак состояния перетренированности [13].

#### **Вклад авторов:**

**Алпатов Сергей Петрович** — написание текста статьи, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Коновалов Иван Вячеславович** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Дибирова Гюльнара Омарбековна** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Калинина Елена Владимировна** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Милешина Светлана Евгеньевна** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Цицуашвили Майя Давидовна** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Жирова Ирина Алексеевна** — написание текста статьи, сбор и статистическая обработка данных.

**Кочетов Анатолий Глебович** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

**Парастаев Сергей Андреевич** — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

#### **Список литературы**

1. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J-M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br. J. Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>

Тестостерон — стероидный гормон из группы андрогенов, определяющий возможность увеличения мышечной массы, силы и контролируемой агрессивности спортсменов, что особенно важно для единоборцев. Кортизол (гидрокортизон) — глюкокортикоидный гормон, также стероидной природы, является основным маркером повышения процессов катаболизма. Стрессорная гиперпродукция кортизола может ингибировать синтез тестостерона [14]. Более высокие концентрации тестостерона и более низкие кортизола в группе СВД и, соответственно, более высокий ИА подтверждают важность сохранности анаболических процессов и необходимость стрессоустойчивости для достижения сверхвысоких спортивных результатов.

#### **4. Выводы**

Совокупность рассмотренных в исследовании биохимических параметров позволяет констатировать оптимальную адаптированность к данному виду спорта, адекватность обменных процессов у спортсменов группы с более высокими результатами. Полученные результаты коррелируют с полученными нами ранее данными о состоянии системы иммунитета в этих же группах спортсменов с разным уровнем спортивных достижений [15, 16]. Эти особенности отражают способность спортсменов легче переносить тренировочные нагрузки и более качественно восстанавливаться после них, что, в итоге, создает предпосылки для достижения побед на международных соревнованиях высшего уровня.

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

**Sergey P. Alpatov** — article text writing, editing, approval of the article final version.

**Ivan V. Konovalov** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Gulnara O. Dibirova** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Elena V. Kalinina** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Svetlana E. Mileshina** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Maya D. Tsitsuashvili** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Irina A. Zhirona** — article text writing, collection and statistical processing of data.

**Anatoly G. Kochetov** — editing, approval of the article final version.

**Sergey A. Parastaev** — editing, approval of the article final version.

#### **References**

1. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J-M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br. J. Sports Med. 2016;50(17):1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>

2. **Лопатина А.Б.** Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсмена как показатель адаптационных процессов. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2014;9(2):115–120.

3. **Шаройко В.В., Курьянович Е.Н., Борисова О.О.** Перспективы использования биомаркеров в системе физической подготовки спортсменов. В: Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта в вооруженных силах Российской Федерации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 180-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта. СПб.: Военный институт физической культуры; 2017, с. 156–167.

4. **Михайлов С.С.** Биохимия двигательной деятельности: учебник для вузов и колледжей физической культуры. 6-е издание. М.: Спорт; 2016. 296 с.

5. **Хайтин В.Ю., Матвеев С.В., Гришин М.Ю.** Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(4):22–27. <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.22>

6. **Bessman S.P., Carpenter C.L.** The creatine-creatine phosphate energy shuttle. *Annu. Rev. Biochem.* 1985;54:831–862. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.54.070185.004151>

7. **Gaddi A.V., Galuppo P., Yang J.** Creatine Phosphate Administration in Cell Energy Impairment Conditions: a Summary of Past and Present Research. *Heart Lung Circ.* 2017;26(10):1026–1035. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.12.020>

8. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* 2007;81-82:209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

9. **Раджабкдиев Р.В.** Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам. Наука и спорт: современные тенденции. 2019;7(2):81–91.

10. **Плакунов В.К.** Основы энзимологии. Москва: Логос; 2002. 128 с.

11. **Chirkin A., Stepanova N., Doaoub M.N., et al.** Biochemical and anthropometric characteristics developed metabolic syndrome in athletes. In: 13 Internat. Conf. on Biology and Medical Sciences, 15 march, 2017. Vienna: East West; 2017, p. 79–85.

12. **Никулин Б.А., Родионова И.И.** Биохимический контроль в спорте. М.: Сов. Спорт; 2011. 232 с.

13. **Грязных А.В.** Индекс тестостерон/кортизол как эндокринный маркер процессов восстановления висцеральных систем после мышечного напряжения. Человек. Спорт. Медицина. 2011;(20(237)):107–111.

14. **Эргашева Н.О.** Изучение белкового обмена при воздействии химических и физических факторов. Медицинские новости. 2019;(6(297)):81–82.

15. **Алпатов С.П., Рыгалов М.А., Поляев Б.А., Кочетов А.Г., Козлов И.Г.** Сравнительный анализ состояния клеточного иммунитета борцов высокой квалификации в зависимости от уровня спортивных достижений. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015;(4(130)):20–23.

16. **Алпатов С.П., Дибирова Г.О., Калинина Е.В., Кочетов А.Г., Коновалов И.В., Маркина Е.В., и др.** Влияние профилактической иммуноотерапии на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокого класса в зависимости от уровня спортивных достижений. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(4):46–54. <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.46>

2. **Lopatina A.B.** Theoretical aspects of changes in the biochemical parameters of the blood of an athlete's body as an indicator of adaptation processes. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kul'tury i sporta* = The Russian Journal of Physical Education and Sport. 2014;9(2):115–120 (In Russ.).

3. **Sharoiko V.V., Kuryanovich E.N., Borisova O.O.** Prospects for the use of biomarkers in the system of physical training of athletes. In: *Biomedical aspects of physical training and sports in the armed forces of the Russian Federation: Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the birth of P.F. Lesgaft.* St. Petersburg: Military Institute of Physical Education; 2017, p. 156–167 (In Russ.).

4. **Mikhailov S.S.** Biochemistry of motor activity: a textbook for universities and colleges of physical culture. 6th edition. Moscow: Sport Publ.; 2016. 296 p. (In Russ.).

5. **Khaitin V.Yu., Matveev S.V., Grishin M.Yu.** The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* = Sports medicine: research and practice. 2018;8(4):22–27 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.22>

6. **Bessman S.P., Carpenter C.L.** The creatine-creatine phosphate energy shuttle. *Annu. Rev. Biochem.* 1985;54:831–862. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.54.070185.004151>

7. **Gaddi A.V., Galuppo P., Yang J.** Creatine Phosphate Administration in Cell Energy Impairment Conditions: a Summary of Past and Present Research. *Heart Lung Circ.* 2017;26(10):1026–1035. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.12.020>

8. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* 2007;81-82:209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

9. **Radzhabkadiyev R.V.** Biochemical markers of adaptation of highly qualified athletes to various physical loads. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* = Science and sport: current trends. 2019;7(2):81–91 (In Russ.).

10. **Plakunov V.K.** Fundamentals of Enzymology. Moscow: Logos Publ.; 2002. 128 p. (In Russ.).

11. **Chirkin A., Stepanova N., Doaoub M.N., et al.** Biochemical and anthropometric characteristics developed metabolic syndrome in athletes. In: 13 Internat. Conf. on Biology and Medical Sciences, 15 march, 2017. Vienna: East West; 2017, p. 79–85.

12. **Nikulin B.A., Rodionova I.I.** Biochemical control in sports: scientific method. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2011. 232 p. (In Russ.).

13. **Gryaznykh A.V.** Testosterone / cortisol index as an endocrine marker of the processes of restoration of visceral systems after muscle tension. *Chelovek. Sport. Meditsina* = Human. Sport. Medicine. 2011;(20(237)):107–111 (In Russ.).

14. **Ergasheva N.O.** The study of protein metabolism under the influence of chemical and physical factors. *Meditsinskie novosti* [Medical News]. 2019;(6(297)):81–82 (In Russ.).

15. **Alpatov S.P., Rygalov M.A., Polyayev B.A., Kochetov A.G., Kozlov I.G.** Comparative analysis of the state of cellular immunity of highly qualified wrestlers depending on the level of sports achievements. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Physiotherapy and sports medicine]. 2015;(4(130)):20–23 (In Russian).

16. **Alpatov S.P., Dibirova G.O., Kalinina E.V., Kochetov A.G., Kononov I.V., Markina E.V., et al.** The effect of preventive immunotherapy on indicators of cellular immunity of high-class martial art athletes depending on the level of sporting achievements. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* = Sports medicine: research and practice. 2018;8(4):46–54 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2223-2524.2018.4.46>

**Информация об авторах:**

**Алпатов Сергей Петрович\***, к.м.н., старший преподаватель кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301> (+7 (985) 767-77-26, [immunosport@rambler.ru](mailto:immunosport@rambler.ru))

**Коновалов Иван Вячеславович**, к.м.н., доцент кафедры инфекционных болезней у детей ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226>

**Дибирова Гюльнара Омарбековна**, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1500-4974>

**Калинина Елена Владимировна**, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0369-0233>

**Милешина Светлана Евгеньевна**, к.м.н., доцент кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8082-9393>

**Цицуашвили Майя Давидовна**, к.б.н., старший преподаватель кафедры фармакологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7761-8683>

**Жирова Ирина Алексеевна**, к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6621-2052>

**Кочетов Анаголий Глебович**, д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; ректор АНО ДПО «Институт лабораторной медицины», 117566, г. Москва, Черноборский бульвар, д. 4, к. 3. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-291X>

**Парастаев Сергей Андреевич**, д.м.н., профессор кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

**Information about the authors:**

**Sergey P. Alpatov\***, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2233-7301> (+7 (985) 767-77-26, [immunosport@rambler.ru](mailto:immunosport@rambler.ru))

**Ivan V. Kononov**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Infectious Diseases in Children of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4210-9226>

**Gulnara O. Dibirova**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1500-4974>

**Elena V. Kalinina**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0369-0233>

**Svetlana E. Mileshina**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8082-9393>

**Maya D. Tsitsuashvili**, M.D., Ph.D. (Biology), Senior Lecturer of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7761-8683>

**Irina A. Zhirova**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital Therapy of the Medical Institute of the RUDN University, 8, Miklukho-Maklaya, str., Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6621-2052>

**Anatoly G. Kochetov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Therapy of the Medical Institute of the RUDN University, 8, Miklukho-Maklaya, str., Moscow, 117198, Russia; Rector of the Institute of Laboratory Medicine, 4, bld 3, Chernoborskiy blvd, Moscow, 117566, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-291X>

**Sergey A. Parastaev**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.10>

УДК 612.821:612.766.1

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Психофизиологические процессы, обеспечивающие достижение спортивного результата

Ю.Е. Вагин

ФГБУН «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П. К. Анохина РАН»,  
Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить роль психофизиологических процессов в достижении спортивного результата.

**Материалы и методы:** у фридайверов, баскетболистов и физкультурников измеряли движущую силу спортивного поведения, которая складывалась из мотивации к достижению спортивного результата, эмоционального напряжения, обстановочной информации, гипоксической устойчивости и физической выносливости. Затем спортсмены вращали педали велоэргометра при одновременных прерывных задержках дыхания от 20 до 60 с.

**Результаты:** установлено, что все компоненты движущей силы поведения необходимы для спортивной деятельности всех групп спортсменов. Для движущей силы поведения фридайверов наибольшее значение имеет гипоксическая устойчивость ( $r = 0,59$ ), для баскетболистов — эмоциональное напряжение ( $r = 0,6$ ) и для физкультурников — эмоциональное напряжение и обстановочная информация ( $r = 0,71$  и  $0,58$ ). Кроме того, гипоксическая устойчивость и физическая выносливость непосредственно влияют на конечный спортивный результат ( $r = 0,7$  и  $0,65$ ) в совокупности с движущей силой поведения ( $r = 0,53$ ).

**Заключение:** спортивный результат обеспечивается движущей силой поведения спортсменов. У фридайверов главное значение имеет гипоксическая устойчивость, у баскетболистов — физическая выносливость и эмоциональное напряжение и у физкультурников — совокупность всех компонентов движущей силы поведения.

**Ключевые слова:** мотивация, эмоции, гипоксическая устойчивость, физическая выносливость, движущая сила поведения, спортивный результат

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

**Для цитирования:** Вагин Ю.Е. Психофизиологические процессы, обеспечивающие достижение спортивного результата. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):12–17. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.10>

Поступила в редакцию: 27.05.2021

Принята к публикации: 20.07.2021

Online first: 01.08.2021

Опубликована: 10.08.2021

## Psychophysiological processes, ensuring the achievement of sports results

Yuriy E. Vaguine

P. K. Anokhin Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to investigate the role of psychophysiological processes in achieving sports results.

**Materials and methods:** the driving force of sports behavior was measured in free-divers, basketball players and athletes, which consisted of motivation to achieve sports results, emotional stress, situational information, hypoxic stability, and physical endurance. Then the sportsmen rotated the pedals of the bicycle ergometer with simultaneous intermittent breath holdings from 20 to 60 s.

**Results:** it has been established that all components of the driving force of behavior are necessary for the sports activity of all groups of sportsmen. For the driving force of free-divers' behavior, hypoxic stability is of greatest importance ( $r = 0.59$ ), for basketball players — emotional stress ( $r = 0.6$ ) and for athletes — emotional stress and situational information ( $r = 0.71$  and  $0.58$ ). In addition, hypoxic stability and physical endurance directly affect the final sports result ( $r = 0.7$  and  $0.65$ ) in conjunction with the driving force of behavior ( $r = 0.53$ ).

**Conclusion:** sports result is provided by the driving force behind the behavior of sportsmen. For free-divers, hypoxic stability is of primary importance, for basketball players — physical endurance and emotional stress, and for athletes — the totality of all components of the driving force of behavior.

**Keywords:** motivation, emotions, hypoxic stability, physical endurance, driving force of behavior, sports result

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

**For citation:** Vaguine Yu.E. Psychophysiological processes, ensuring the achievement of sports results. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2021;11(2):12–17 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.10>

**Received:** 27 May 2021

**Accepted:** 20 July 2021

**Online first:** 1 August 2021

**Published:** 10 August 2021

## 1. Введение

Деятельность спортсменов в каждом виде спорта подчиняется закону системной организации целенаправленного поведения человека [1]. Достижение спортивного результата обеспечивается взаимодействием психических и физиологических процессов в организме спортсмена, определяющих его спортивную деятельность. Физиологические возможности спортсмена зависят от мотивации к достижению спортивного результата, приобретенных навыков выполнения спортивных действий, обстановочной информации, способствующей или препятствующей спортивной деятельности, эмоциональному напряжению перед и после начала действий спортсмена и инструкции тренера, формирующей психическую установку на достижение результата [2].

Однако остается недостаточно изученным не только качественное, но и количественное влияние психофизиологических процессов на спортивный результат. Целью исследования было изучение величины вклада компонентов, определяющих физиологические возможности спортсменов, в результативность спортивной деятельности.

Для достижения этой цели исследовали несколько психофизиологических параметров и их влияние на исходное состояние опытных и начинающих спортсменов и результат их спортивной деятельности.

## 2. Материалы и методы

Протокол исследования был одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУН «НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина» РАН и выполнен в соответствии с Хельсинкской декларацией [3].

*Контингент обследуемых спортсменов.* В исследовании участвовал 41 опытный и начинающий спортсмен. Все спортсмены были практически здоровы и не имели врачебных предписаний к ограничению физических нагрузок и к задержкам дыхания (ЗД). Всем испытуемым давали указания не совершать физические нагрузки накануне и в день проведения исследования, не есть меньше чем за 3 часа до исследования и не пить напитки, содержащие тонизирующие вещества.

Были сформированы три группы спортсменов с разной подготовкой к спортивной деятельности. Наиболее подготовленная группа спортсменов состояла из 12 фридайверов, которые имели спортивные разряды от кандидата в мастера спорта до мастера спорта международной категории. Длительность их регулярных тренировок была от 2 до 7 лет. Их возраст был  $30,0 \pm 1,7$  года, рост —  $174 \pm 2$  см и масса тела —  $71 \pm 3$  кг. В группу спортсменов со средним уровнем подготовки вошли 15 баскетболистов, которые имели спортивные разряды от 2 взрослого

разряда до мастера спорта. Длительность их регулярных тренировок составляла от 3 до 8 лет. Их возраст был  $21,0 \pm 0,6$  года, рост —  $190 \pm 2$  см и масса тела —  $89 \pm 2$  кг. Группа из наименее подготовленных спортсменов состояла из 14 физкультурников, регулярно посещающие физкультурные занятия. Их возраст —  $20,0 \pm 0,5$  года, рост —  $168 \pm 2$  см и масса тела —  $70 \pm 5$  кг.

*Дизайн исследования.* Сначала исследовали исходные психофизиологические процессы спортсменов, которые могли повлиять на результат их спортивной деятельности.

Мотивацию к достижению результата физической работы спортсменов определяли с помощью 22 вопросов. Утвердительные ответы спортсменов на половину вопросов и отрицательные ответы на другую половину вопросов свидетельствовали о наличии мотивации. При составлении опросника в качестве основы был использован опросник «Оценки потребности в достижении» [4]. Величину мотивации спортсменов измеряли в баллах от 0 до 22.

Эмоциональное напряжение спортсменов перед физической работой оценивали с помощью опросника, включающего 4 раздела оценки эмоционального состояния: 1) спокойствие или беспокойство; 2) бодрость или усталость; 3) приподнятость или подавленность настроения; 4) уверенность или беспомощность. Каждый раздел включал 10 утверждений, имеющих балльную оценку от 1 до 10. Спортсмену было необходимо выбрать одно из утверждений в каждом разделе опросника, которое наиболее полно соответствовало эмоциональному состоянию спортсмена в момент ответа. Полученные баллы за каждый раздел опросника суммировали. При составлении вопросов в качестве основы был использован опросник «Самооценка эмоционального состояния» [4]. Величину эмоционального напряжения спортсменов измеряли в баллах от 4 до 40.

Гипоксическую устойчивость спортсменов оценивали по длительности ЗД в секундах перед началом физической работы. Спортсмены в положении сидя делали два-три углубленных вдоха, затем совершали субмаксимальный вдох и задерживали дыхание на максимально возможную длительность. Желание как можно дольше задержать дыхание исследователи поддерживали созданием соревновательного духа достижения максимального результата по сравнению с товарищами в группе и спортсменами других групп.

У каждого спортсмена оценивали физическую выносливость по пройденному пути в метрах на спидометре при вращении педалей велоэргометра до предела его физических возможностей при произвольном

дыхании. Скорость вращения педалей 70–75 оборотов в минуту спортсмены поддерживали самостоятельно в соответствии с полученной инструкцией по показаниям спидометра на руле велоэргометра. Сопротивление вращению педалей велоэргометра устанавливали перед началом исследования индивидуально для каждого спортсмена в зависимости от его веса. Для этого 1 Вт умножали на вес спортсмена в кг. Сопротивление вращению педалей сохраняли постоянной в ходе работы спортсмена.

После 30-минутного отдыха проводили основной этап исследования. Спортсмены повторно выполняли физическую нагрузку на велоэргометре с тем же сопротивлением и скоростью. Работу на велоэргометре испытуемые сочетали с прерывными повторяющимися ЗД. Начало и окончание каждой ЗД происходили по команде исследователей. Длительность повторяющихся ЗД увеличивали. Первая ЗД длилась 20 с, последующие — 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 с. Между ЗД испытуемые быстро делали 2–3 вдоха в течение 3–5 с. Сочетание физической нагрузки с прерывными ЗД было аналогом одного из видов тренировок фридайверов. Спортсмены вращали педали велоэргометра в сочетании с ЗД до предела физических возможностей задерживать дыхание или вращать педали велоэргометра.

После окончания физической работы спортсмены оценивали по пятибалльной шкале обстановочную информацию, способствующую или препятствующую работе на велоэргометре. Спортсмены учитывали удобство работы на велоэргометре, команды инструктора о начале и окончании каждой очередной ЗД, отсутствие посторонних раздражений в экспериментальной комнате. Обстановочную информацию, способствующую достижению спортивного результата спортсменами, измеряли в баллах от 1 до 5.

Затем спортсмены оценивали в баллах от 1 до 5 вклад мотивации, эмоций, обстановочной информации, гипоксической устойчивости и физической выносливости в движущую силу спортивной деятельности. Эти показатели дополнительно характеризовали исходное состояние спортсменов и могли быть оценены ими только после окончания физической работы.

На основе сделанной оценки были вычислены поправочные коэффициенты для пересчета разных единиц измерения величин компонентов движущей силы спортивной деятельности в одинаковые единицы — проценты от 100 % движущей силы поведения спортсменов, необходимой для достижения максимального спортивного результата. Одинаковые единицы измерения величин исследуемых компонентов позволили сравнивать между собой вклад каждого из них в достижение результата. Движущую силу поведения каждого спортсмена вычисляли суммированием величин этих компонентов в процентах.

*Статистический анализ.* Полученные результаты обрабатывали с помощью параметрического пакета

программы Statistica 8 компании Microsoft. Для каждой группы обследуемых людей вычисляли средние арифметические величины и средние квадратичные отклонения ( $M \pm \sigma$ ) для каждого исследуемого параметра. Различия между средними величинами параметров оценивали по  $t$ -критерию Стьюдента. Различия между средними величинами параметров были при статистической значимости  $p < 0,05$ .

Наличие корреляционных связей между динамической изменением параметров оценивали параметрическим методом по коэффициентам линейной корреляции ( $r$ ), значения которых могут изменяться от 0 до 1,0. Корреляционные связи между исследуемыми параметрами были статистически значимыми ( $p < 0,05$ ) при значениях  $r$  больше критического значения. Критическую величину статистически значимых величин  $r$  вычисляли по величине  $t$ -критерия Стьюдента и количеству сравниваемых между собой пар параметров в двух выборках исследуемых параметров. При прямой возрастающей зависимости одного параметра от другого у фридайверов, баскетболистов и физкультурников статистически значимые величины коэффициента корреляции были  $\geq 0,58$ ,  $0,52$  и  $0,53$  при статистической значимости  $p < 0,05$ .

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Величина вклада мотивации в движущую силу поведения у фридайверов изменялась от 2,9 до 17,2 %, у баскетболистов — от 3,8 до 26,3 % и у физкультурников — от 3,6 до 17,3 %. Среднее значение вклада величины мотивации у фридайверов было  $9,8 \pm 1,4$  %, у баскетболистов —  $14,3 \pm 1,6$  % и у физкультурников —  $11,3 \pm 1,1$  %.

Величина вклада эмоционального напряжения в движущую силу поведения у фридайверов изменялась от 9,8 до 24,0 %, у баскетболистов — от 4,2 до 20,2 % и у физкультурников — от 3,5 до 21,3 %. Среднее значение вклада величины эмоционального напряжения у фридайверов было  $16,6 \pm 1,3$  %, у баскетболистов —  $12,8 \pm 1,3$  % и у физкультурников —  $13,8 \pm 1,3$  %.

Величина вклада обстановочной информации в движущую силу поведения у фридайверов изменялась от 6,0 до 19,8 %, у баскетболистов — от 5,6 до 24,0 % и у физкультурников — от 5,0 до 23,0 %. Среднее значение вклада величины обстановочной информации у фридайверов было  $12,2 \pm 1,1$  %, у баскетболистов —  $16,1 \pm 1,5$  % и у физкультурников —  $14,8 \pm 1,6$  %.

Величина вклада гипоксической устойчивости в движущую силу поведения у фридайверов изменялась от 2,8 до 20,1 %, у баскетболистов — от 2,5 до 7,9 % и у физкультурников — от 1,2 до 7,2 %. Среднее значение вклада гипоксической устойчивости у фридайверов было  $10,6 \pm 1,4$  %, у баскетболистов —  $4,3 \pm 0,4$  % и у физкультурников —  $3,1 \pm 0,4$  %. Величина гипоксической устойчивости у фридайверов была статистически значимо больше, чем у баскетболистов и физкультурников, при  $p = 0,0001$  и  $0,0008$ .

Величина вклада физической выносливости в движущую силу поведения у фридайверов изменялась от 4,6 до 21,6 %, у баскетболистов — от 2,5 до 23,0 % и у физкультурников — от 2,2 до 17,5 %. Среднее значение вклада физической выносливости у фридайверов было  $13,2 \pm 1,4$  %, у баскетболистов —  $12,0 \pm 1,6$  % и у физкультурников —  $7,0 \pm 1,0$  %.

Движущая сила поведения спортсменов складывалась из мотивации к достижению спортивного результата, эмоционального напряжения, обстановочной информации, гипоксической устойчивости и физической выносливости. Величина движущей силы поведения у фридайверов изменялась от 51,2 до 76,9 %, у баскетболистов — от 46,0 до 76,4 % и у физкультурников — от 34,4 до 73,3 %. Среднее значение движущей силы поведения у фридайверов было  $62,4 \pm 2,2$  %, у баскетболистов —  $59,6 \pm 2,3$  % и у физкультурников —  $50,0 \pm 2,9$  % (рис. 1).

Сумма длительности прерывных ЗД при физической работе у фридайверов изменялась от 70 до 335 с, у баскетболистов — от 35 до 160 с и у физкультурников — от 20 до 90 с. Среднее значение суммы длительности прерывных ЗД у фридайверов было  $171,3 \pm 25,7$  с, у баскетболистов —  $87,9 \pm 9,0$  с и у физкультурников —  $53,7 \pm 5,6$  с. Длительность прерывных ЗД у фридайверов была статистически значимо больше, чем у баскетболистов и физкультурников, при  $p = 0,002$  и  $0,000008$ .

Длина пройденной дистанции на велоэргометре при прерывных ЗД у фридайверов изменялась от 210 до 650 м, у баскетболистов — от 130 до 530 м

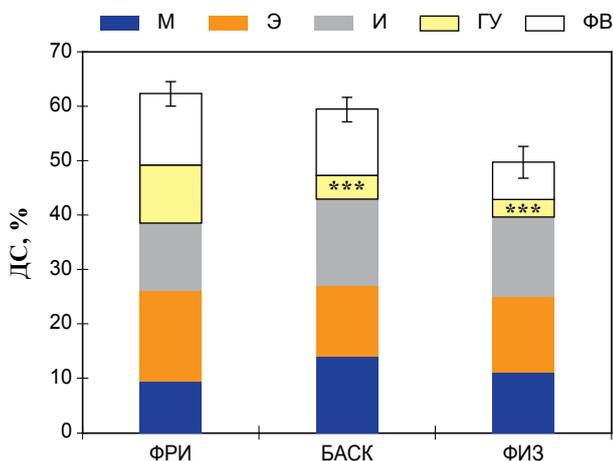


Рис. 1. Движущая сила (ДС, %) спортивного поведения фридайверов (ФРИ), баскетболистов (БАСК) и физкультурников (ФИЗ)  
Примечание: М, Э, И, ГУ, ФВ — компоненты движущей силы поведения: мотивация, эмоции, обстановочная информация, гипоксическая устойчивость и физическая выносливость. \*\*\* — статистически значимое отличие ГУ баскетболистов и физкультурников от фридайверов при  $p < 0,001$ .

Fig. 1. The driving force (ДС, %) of the sports behavior of free-divers (ФРИ), basketball players (БАСК) and athletes (ФИЗ)

Note: М, Э, И, ГУ, ФВ — components of the driving force of behavior: motivation, emotions, situational information, hypoxic stability and physical endurance. \*\*\* — statistically significant difference of basketball players' and athletes' ГУ from free-divers ГУ at  $p < 0.001$ .

и у физкультурников — от 70 до 340 м. Среднее значение длины пройденной дистанции у фридайверов было  $405,8 \pm 40,5$  м, у баскетболистов —  $264,0 \pm 29,0$  м и у физкультурников —  $184,3 \pm 21,2$  м. Величина длины пройденной дистанции у фридайверов была статистически значимо больше, чем у физкультурников, при  $p = 0,049$ .

Величина результата физической работы при прерывных ЗД у фридайверов изменялась от 22,9 до 93,0 %, у баскетболистов — от 14,1 до 58,2 % и у физкультурников — от 9,3 до 34,4 %. Среднее значение результата поведения у фридайверов было  $52,5 \pm 6,4$  %, у баскетболистов —  $31,3 \pm 3,3$  % и у физкультурников —  $20,3 \pm 2,1$  %. Величина результата поведения у фридайверов была статистически значимо больше, чем у физкультурников, при  $p = 0,0009$  (рис. 2).

Различные величины исследованных параметров у каждого спортсмена позволили изучить корреляционные связи между этими параметрами и величиной движущей силы поведения в каждой группе спортсменов. Величина движущей силы поведения у фридайверов статистически значимо зависела от гипоксической устойчивости ( $r = 0,59$ ) (рис. 3), у баскетболистов — от эмоционального напряжения ( $r = 0,6$ ) (рис. 4)

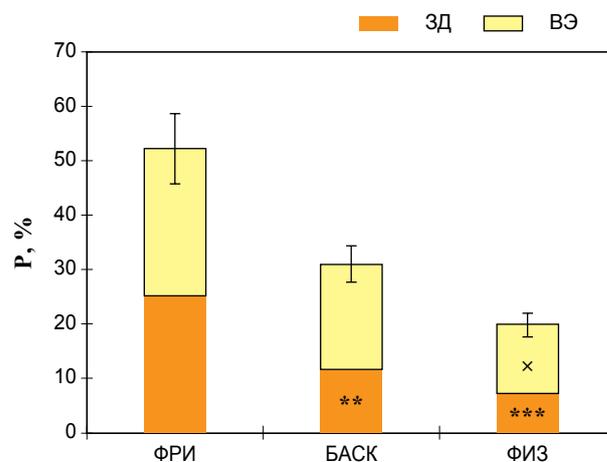


Рис. 2. Результат (P) физической работы при прерывных задержках дыхания (ЗД) у фридайверов (ФРИ), баскетболистов (БАСК) и физкультурников (ФИЗ)

Примечание: ЗД, ВЭ — компоненты результата поведения: суммарная длительность ЗД и длина пройденной дистанции на велоэргометре. \*\*\* — статистически значимое отличие ЗД физкультурников от фридайверов при  $p < 0,001$ . \*\* — статистически значимое отличие ЗД баскетболистов от фридайверов при  $p < 0,005$ . \* — статистически значимое отличие ВЭ физкультурников от фридайверов при  $p < 0,05$ .

Fig. 2. The result (P) of physical work with intermittent breath holding (ЗД) in free-divers (ФРИ), basketball players (БАСК) and athletes (ФИЗ)

Note: ЗД, ВЭ — components of the result of behavior: the total duration of the ЗД and the length of the covered distance on the bicycle ergometer. \*\*\* — statistically significant difference of athletes' ЗД from free-divers' ЗД at  $p < 0.001$ . \*\* — statistically significant difference of basketball players' ЗД from free-divers' ЗД at  $p < 0.005$ . \* — statistically significant difference of athletes' ВЭ from free-divers' ВЭ at  $p < 0.05$ .

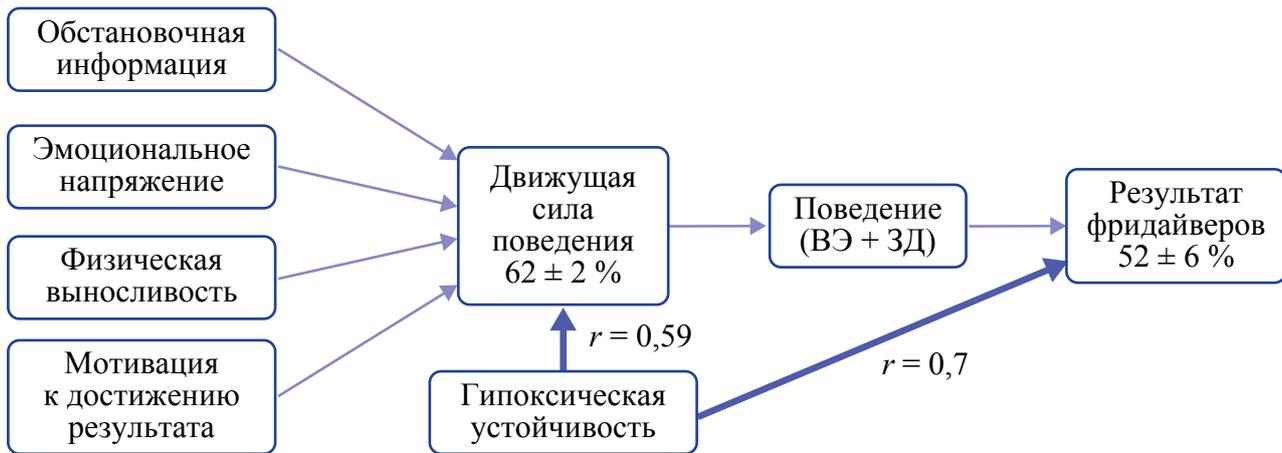


Рис. 3. Психофизиологические процессы, определяющие достижение спортивного результата фридайверами

Примечание: ВЭ — работа на велоэргометре, ЗД — прерывные задержки дыхания,  $r$  — статистически значимые (при  $p < 0,05$ ) корреляционные связи между параметрами.

Fig. 3. Psychophysiological processes that determine the achievement of sports results by free-divers

Note: ВЭ — work on a bicycle ergometer, ЗД — intermittent breath holding,  $r$  — statistically significant (at  $p < 0.05$ ) correlations between the parameters.

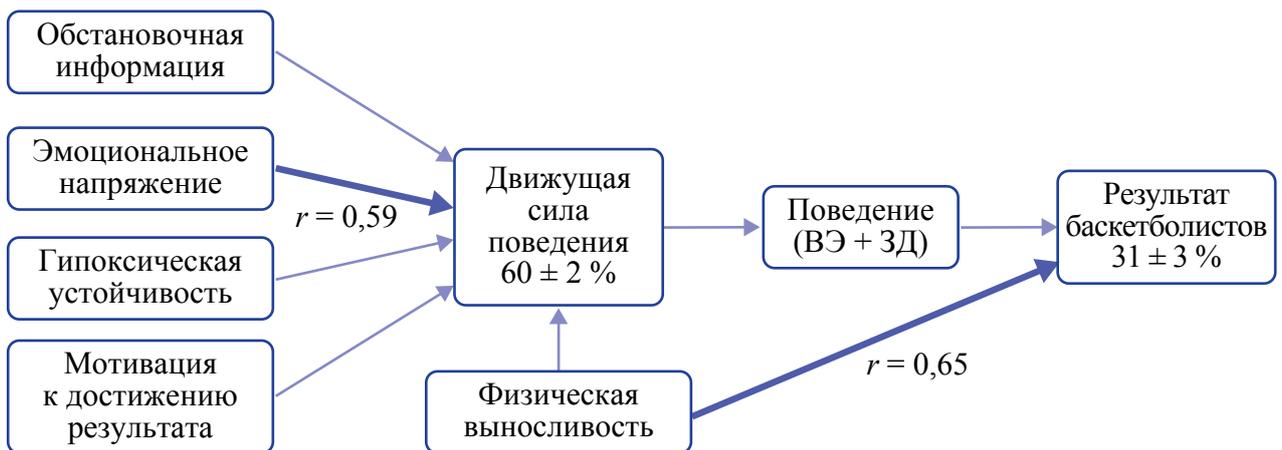


Рис. 4. Психофизиологические процессы, определяющие достижение спортивного результата баскетболистами

Примечание: Обозначения как на рис. 3.

Fig. 4. Psychophysiological processes that determine the achievement of sports results by basketball players

Note: Designations as in Fig. 3.

и у физкультурников — от эмоционального напряжения ( $r = 0,71$ ) и обстановочной информации ( $r = 0,58$ ) (рис. 5).

Результат поведения спортсменов складывался из длины пройденной дистанции на велоэргометре и суммарной длительности прерывных ЗД при этой физической работе. Эти параметры зависели от психофизиологических параметров перед спортивной деятельностью. Различные величины параметров перед спортивной деятельностью у каждого спортсмена позволили изучить корреляционные связи между этими параметрами и результатом спортивной деятельности в каждой группе спортсменов. Результат спортивной деятельности у фридайверов статистически значимо зависел от гипоксической устойчивости ( $r = 0,7$ ) (рис. 3)

у баскетболистов — от физической выносливости ( $r = 0,65$ ) (рис. 4) и у физкультурников — от движущей силы поведения ( $r = 0,53$ ), которая складывалась из пяти исследованных психофизиологических процессов в исходном состоянии спортсменов (рис. 5).

#### 4. Выводы

Таким образом, результативная спортивная деятельность обеспечивается движущей силой поведения спортсменов, которая складывается из мотивации к достижению спортивного результата, эмоционального напряжения, обстановочной информации, гипоксической устойчивости и физической выносливости. Ни один из этих компонентов движущей силы не является лишним в спортивной деятельности, но значение

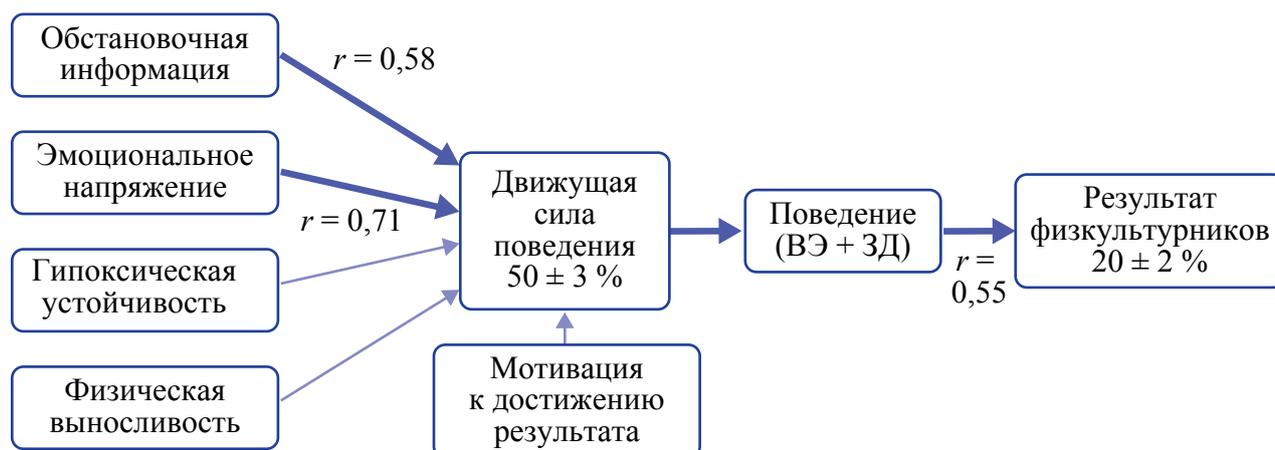


Рис. 5. Психофизиологические процессы, определяющие достижение спортивного результата физкультурниками

Примечание: Обозначения как на рис. 3.

Fig. 5. Psychophysiological processes that determine the achievement of sports results by athletes

Note: Designations as in Fig. 3.

этих компонентов изменяется у разных групп спортсменов. Для движущей силы поведения фридайверов наибольшее значение имеет гипоксическая устойчивость, для баскетболистов — эмоциональное напряжение и для физкультурников — эмоциональное

напряжение и обстановочная информация. Кроме того, гипоксическая устойчивость и физическая выносливость непосредственно влияют на конечный спортивный результат в совокупности с движущей силой поведения.

#### Вклад автора:

**Вагин Юрий Евгеньевич** — сбор и анализ информации, написание текста статьи, редактирование.

#### Author' contributions:

**Yuriy E. Vaguine** — information collection and analysis, text of the article writing, editing.

#### Список литературы

1. **Фудин Н.А., Вагин Ю.Е., Вагина М.Ю.** Теория функциональных систем и результативная деятельность спортсменов. Спортивная медицина: наука и практика. 2013;(2):17–22.
2. **Фудин Н.А., Вагин Ю.Е.** Анализ спортивной деятельности с позиции теории функциональных систем. Сеченовский вестник. 2016;(3):34–45.
3. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации [Интернет]; 1964. Режим доступа: <https://x7cpr.com/wp-content/uploads/2018/10/Declaration-of-Helsinki.pdf>
4. **Карелина А.А., ред.** Психологические тесты. Т 1. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС; 2001. – 312 с.

#### References

1. **Fudin N.A., Vaguine Yu.E., Vaguina M.Yu.** The theory of functional systems and the effectiveness of the athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports Medicine: Science and Practice. 2013;(2):17–22. (In Russ.).
2. **Fudin N.A., Vaguine Yu.E.** Sports activity in functional system theory. Sechenovskii vestnik = Sechenov Medical Journal. 2016;(3):34–45. (In Russ.).
3. WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]; 1964. Available at: <https://x7cpr.com/wp-content/uploads/2018/10/Declaration-of-Helsinki.pdf> (In Russ.).
4. **Karelina A.A., ed.** Psychological tests. Vol. 1. Moscow: Humanit. ed. center VLADOS; 2001. 312 p. (In Russ.).

#### Информация об авторе:

**Вагин Юрий Евгеньевич**, д.м.н., специалист лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБУН «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П. К. Анохина РАН», 117588, Россия, Москва, Тарусская ул., 22, корп. 1, кв. 204. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

#### Information about the author:

**Yuriy E. Vaguine**, M.D., D.Sc. (Medicine), specialist of the laboratory of systemic mechanisms of sports activity P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology, 22(1)–204, Tarusskaya str., Moscow, 117588, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-5610> (+7 (916) 839-24-53; yuvaguine@yandex.ru)

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.9>

УДК 613.6:796.085

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Оценка риска здоровью хоккеистов с шайбой по предикторам, характеризующим напряжение адаптационных систем организма

З.И. Жолдакова<sup>1</sup>, Р.С. Рахманов<sup>2,\*</sup>, Р.Ш. Хайров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Нижний Новгород, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** поиск маркеров риска здоровью хоккеистов с шайбой по показателям крови.

**Материалы и методы:** оценили 40 показателей крови (характеризующие метаболизм нутриентов, гуморальный иммунитет, оксидативный и нитрозивный стресс, систему антиоксидантной защиты) у хоккеистов с различной массой тела через 2,5, 4 и 6 месяцев игрового сезона ( $n = 39$ ).

**Результаты:** мочевая кислота и креатинин свидетельствовали о недостаточном восстановлении организма после игр; креатинфосфокиназа-МВ и АсАТ — о влиянии на функцию сердечной мышцы (подтверждено коэффициентом де Ритиса). Дислипидемия выступала как важнейший фактор сердечно-сосудистого риска. Кортизол указывал на превалирование катаболических процессов и о психоэмоциональном напряжении. Изменения иммуноглобулинов и С-реактивного белка могли быть следствием компенсаторной реакции организма на стресс. Окисленный глутатион свидетельствовал о накоплении продуктов перекисного окисления липидов и наличии оксидативного стресса. Недостаточность витаминов группы В и Е могла снижать активность ферментных систем, ферментативного звена антиоксидантной системы, хрома — нарушать обмен углеводов и жиров.

**Заключение:** установлены предикторы для донозологической диагностики здоровья: мочевина, холестерин общий, высокой и низкой плотности, показатели витаминно-минерального баланса, изоформа креатинкиназы, аспартат-аминотрансфераза, кортизол, система глутатиона. Профессиональная деятельность оказывала наиболее негативное влияние на здоровье на лиц с меньшей массой тела.

**Ключевые слова:** хоккеисты, играющие в хоккей с шайбой, биохимические показатели премоурбидных состояний, игровой сезон

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

**Для цитирования:** Жолдакова З.И., Рахманов Р.С., Хайров Р.Ш. Оценка риска здоровью хоккеистов с шайбой по предикторам, характеризующим напряжение адаптационных систем организма. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):18–24. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.9>

**Поступила в редакцию:** 22.03.2021

**Принята к публикации:** 03.06.2021

**Online first:** 01.08.2021

**Опубликована:** 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## The evaluation of the health risk in ice hockey players based on the predictors that characterize the tension of adaptive organism systems

Zoya I. Zholdakova<sup>1</sup>, Rofail' S. Rakhmanov<sup>2,\*</sup>, Rashed Sh. Khayrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to search for markers of health risk in ice hockey players by the blood parameters.

**Materials and methods:** a total of 40 blood parameters (that characterize nutrient metabolism, humoral immunity, oxidative and nitrosative stress, the system of antioxidant protection) in hockey players with different body weights were evaluated 2.5, 4, and 6 months of the playing season ( $n = 39$ ).

**Results:** the levels of uric acid and creatinine indicated insufficient recreation of the organism after the games. Creatine phosphokinase-MB and AST indicated the influence on the cardiovascular muscle (verified by the De Ritis ratio). Dyslipidemia was the main factor of cardiovascular risk. Cortisol indicated the prevalence of catabolic processes and psychoemotional tension. The changes in the levels of immunoglobulins and C-reactive protein could result from a compensatory reaction of the organism to stress. The oxidized glutathione indicated the accumulation of products of lipid peroxidation and ongoing oxidative stress. The insufficiency in vitamins of groups B and E could decrease the effectiveness of enzymatic systems and enzymatic links of the oxidant system. The insufficiency of chrome could impair carbohydrate and fat metabolism.

**Conclusion:** predictors for prenosological diagnostics of general health were established. They included urea, total cholesterol of high and low density, vitamin-mineral balance parameters, isoform of creatine kinase, aspartate aminotransferase, cortisol, and glutathione. Professional activity had the most negative influence on the health of sportsmen with lower body weight.

**Keywords:** ice hockey players, biochemical parameters of premorbid conditions, season of play

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

**For citation:** Zholdakova Z.I., Rakhmanov R.S., Khayrov R.Sh. The evaluation of the health risk in ice hockey players based on the predictors that characterize the tension of adaptive organism systems. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):18–24 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.9>

**Received:** 22 March 2021

**Accepted:** 3 June 2021

**Online first:** 1 August 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Высокие физические нагрузки и протяженность спортивного сезона не могут не приводить к формированию преморбидных состояний у профессиональных спортсменов. Поэтому необходимо проведение индивидуального донозологического контроля, направленного на оценку адаптационного риска [1–3]. В существующих единичных исследованиях для диагностики преморбидных состояний хоккеистов применяются функциональные пробы (изучение функции внешнего дыхания, ЧСС, ЭКГ, жизненная емкость легких) [4, 5]. При этом проведение регулярных биохимических исследований крови считается более эффективным для ранней диагностики различных отклонений в состоянии здоровья [6], поскольку преморбидные состояния приводят к неэффективности тренировочного процесса [7].

**Цель исследования:** поиск маркеров риска здоровью хоккеистов с шайбой по показателям крови на этапах спортивного сезона.

### Задачи исследования:

1. Изучить особенности изменений клинико-биохимических, санитарно-химических показателей, характеризующих метаболизм нутриентов, гуморальный иммунитет, оксидативный и нитрозивный стресс, систему антиоксидантной защиты у хоккеистов с различной массой тела в периоде игрового сезона.

2. Выявить предикторы преморбидных состояний для донозологической диагностики здоровья спортсменов.

## 2. Материал и методы

Объект исследования — пробы крови 39 хоккеистов в возрасте  $26,4 \pm 0,8$  года, отобранные после периода отдыха (через 1–2 дня при возвращении на базу после игр на выездах). Спортсмены основное время (до 80,0 % сезона игр) находились в командировках, где питание было организованным, порционированным. Несмотря на то что они ежедневно принимали специализированные продукты спортивного питания и спортивные напитки, их рацион не был сбалансированным [8]. Перед началом сезона игр спортсмены проходили медицинское обследование в диагностическом центре; у них все исследуемые клинико-лабораторные показатели были в норме.

Для установления групп риска по массе тела (МТ) выделили три категории спортсменов: до 25-центильного интервала (№ 1,  $n = 10$ ), 25–75-й интервал (№ 2,  $n = 16$ ) и более 75-го интервала (№ 3,  $n = 13$ ). Оценивались средние групповые показатели и показатели каждого хоккеиста через 2,5, 4 и 6 месяцев игрового сезона.

Оценку риска здоровью проводили по биохимическим показателям крови, характеризующим состояние метаболизма белков, жиров, углеводов, витаминную и минеральную насыщенность организма. Состояние здоровья оценивали по креатинкиназе-МВ, лактатдегидрогеназе (ЛДГ), аспартат-аминотрансферазе (АсАТ) (характеризовали функцию сердечной мышцы), билирубин общему, гамма-глутамилтрансферазе, аланин-аминотрансферазе (АлАТ), щелочной фосфатазе (функция печени), миоглобину, ферритину (кислородтранспортная функция), кортизолу, тестостерону, эритропоэтину (гормональная система), иммуноглобулинам А и G (IgA, IgG) (гуморальный иммунитет), С-реактивному белку (наличие воспаления). Исследования проводили на автоматическом анализаторе Konelab-20 (Thermo Fisher Scientific Inc.). Используя наборы реагентов «Вектор Бест», определяли IgA, IgG, С-реактивный белок. Определяли витамины: А, Е (в сыворотке крови), В<sub>2</sub> (в цельной крови). На анализаторе биожидкостей «Флюорат — 02-АБЛФ-Т» определяли продукт распада пировиноградной кислоты (ПВК), который характеризовал насыщенность организма витамином В<sub>1</sub> (повышение ПВК свидетельствовало о снижении уровня витамина В<sub>1</sub>). Минеральные вещества (железо, магний, кальций, калий, неорганический фосфор) исследовали, применяя наборы реагентов фирмы «Ольвекс диагностикум» (Россия), на биохимическом анализаторе CLIMA MC-15. Цинк и медь исследовали на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2А». Реагенты PerOx (TOS/TOC) Kit и ImAnOx (TAS/TAC) Kit фирмы Immundiagnostik (Германия) использовали для изучения общего оксидативного статуса, окислительного стресса и общей антиокислительной способности сыворотки крови. Величины общих метаболитов азота (NOx) определяли фотометрически по В.А. Метельской [9]. Для определения уровня глутатиона в крови использовали метод Вудворта — Фрейя [10].

Все биохимические исследования проведены на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора.

Рассчитывали индекс анаболизма (ИА = тестостерон / кортизол  $\times$  100 %), свидетельствующий об адекватности нагрузок [11], коэффициент де Ритиса (АсАТ / АлАТ), позволяющий судить о напряжении сердечной мышцы [12].

Анализ первичных данных провели, определяя средние величины, ошибки средних ( $M \pm m$ ) и достоверность различий по непараметрическим критериям Вилкоксона и Манна — Уитни.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в исследовании, показали недостаточность восстановления организма после периода отдыха и развития физического утомления. Так, у хоккеистов наиболее негативные отклонения в состоянии здоровья по клинико-лабораторным показателям крови были выявлены после четырех месяцев игр. Вероятно, это был наиболее напряженный отрезок хоккейного сезона, во время которого ряд показателей отклонялся от референтных значений. Например, уровень мочевины в сыворотке крови был выше на 28,5 % ( $p = 0,001$ ) по сравнению с предыдущим этапом исследования, что было отмечено у 76 % хоккеистов. Также увеличивался в пределах границ нормы уровень мочевой кислоты на 23,1 % ( $p = 0,001$ ); у 40 % обследуемых лиц были превышены референтные значения. Креатинин в границах нормы возрастал на 31,4 % (выше нормы у 28,0 % лиц).

ХС-ЛПНП через 2,5 и 4 мес. игр превышал норму. Выше референтного значения был и ОХС: на 9,1 % ( $p = 0,017$ ). Уровни ХС-ЛПВП в течение всего исследования были ниже нормы, что было обнаружено по этапам наблюдения у 66,7, 68,0 и 86,7 % спортсменов.

Превышение креатинфосфокиназы-МВ было у 60,0 %, а АсАТ у 45,5 %. Коэффициент де Ритиса, исходно не превышающий норму ( $1,14 \pm 0,08$  ед.), возрос до  $1,76 \pm 0,12$  ед. Уровень ЛДГ был больше на 18,2 % ( $p = 0,009$ ), оставаясь в пределах границ нормы.

У 84,6–95,8 % хоккеистов в течение всего сезона кортизол превышал норму, а ИА к шестому месяцу обследования составлял 3,22 ед. (был выше нормы). Это доказывало нарастающую неадекватность физических нагрузок на организм в ходе сезона игр.

На всех этапах наблюдения показатели витамина  $B_2$  в крови были ниже нормы у 64,0–93,4 % обследованных лиц; у 73,3–76,0 % был пониженным уровень витамина Е (среднее значение ниже нормы). Через 4 мес. игр сниженный уровень витамина  $B_1$  (по ПВК) определялся у 16,7 % (исходно у всех был в норме). К этому периоду минеральный баланс характеризовался снижением в пределах границ нормы уровня кальция ( $2,43 \pm 0,02$  против  $2,59 \pm 0,02$  ммоль/л,  $p = 0,001$ ). Хром, исходно находясь на уровне нижней границы нормы, к четвертому месяцу была ниже нормы на 42,0 % ( $p = 0,044$ ).

По этапам наблюдения достоверных изменений уровней IgA и IgG, которые были в пределах границ нормы, не обнаружили. Вместе с тем после четырех месяцев игр IgG превышал норму у 30,4 %, а IgA — у 4,0 % лиц. СРБ с  $2,6 \pm 0,6$  возрастал до  $3,95 \pm 0,6$  мг/л (на 51,9 %,  $p = 0,009$ ); он был выше нормы у 8,3 % обследованных лиц.

Уже через 2,5 мес. игр соотношение глутатион восстановленный/окисленный при норме 10/1 составляло 9,57 ед. Максимальный рост окисленного глутатиона выявили через 4 мес. игр, что определило наименьшее значение соотношения восстановленного и окисленного глутатиона: 7,03. Нитрозивный стресс в этот период игр выявлялся у 20,8 % лиц. Значения уровней пероксидов указывали на наличие среднего оксидативного стресса у 26,1 % спортсменов (исходно — у 22,2 %). К концу наблюдения средний оксидативный стресс выявлялся у 40,0 %.

Полученные данные позволяли судить о состоянии здоровья спортсменов. У них был организованный, порционный рацион питания, они имели высокую спортивную квалификацию кандидатов и мастеров спорта, разница в возрасте спортсменов составляла в пределах десяти лет, был схожий образ жизни, что оказывало одинаковое влияние на обмен веществ. Так, превышение референтных границ мочевины, нарастание мочевой кислоты и креатинина свидетельствовало о недостаточном восстановлении организма после игр [13–16]. Нарушения липидного обмена (ОХС, ХС-ЛПНП, ХС-ЛПВП) выступали как важнейший фактор сердечно-сосудистого риска [17]. Отмечалось превышение креатинфосфокиназы-МВ и АсАТ (являются предикторами негативного влияния профессиональной деятельности на функцию сердечной мышцы) [18, 19]. Это подтверждал и коэффициент де Ритиса. Превышенные значения кортизола у большинства спортсменов указывали на превалирование катаболических процессов, что также является прогностически отрицательным критерием. Кроме того, он свидетельствовал о психоэмоциональном напряжении спортсменов. Повышение кортизола могло приводить к дисбалансу липидов в связи с усилением энергетических процессов за счет мобилизации липидов и жирных кислот [20]. Следствием компенсаторной реакции организма на стресс могли быть изменения содержания иммуноглобулинов и СРБ [21]. Нарастание окисленного глутатиона свидетельствовало о накоплении продуктов перекисного окисления липидов и наличии оксидативного стресса у спортсменов [22]. Недостаточная насыщенность организма витаминами группы В и Е снижает метаболическую активность ферментных систем, ферментативного звена антиоксидантной системы. Нарушению обмена углеводов и жиров способствует сниженный уровень хрома [23].

В исследовании было установлено, что данная профессиональная деятельность оказывала наиболее негативное влияние на здоровье на лиц с меньшей МТ. Так, ХС-ЛПВП был снижен только у лиц группы 1, в то время как у остальных был в пределах нормы. Насыщенность витаминами  $B_2$  и Е также была ниже референтных

Таблица

Характеристика клинико-лабораторных показателей риска здоровью хоккеистов в динамике наблюдения ( $M \pm m$ )

Table

Characteristics of clinical and laboratory indicators of health risk of hockey players in the dynamics of observation ( $M \pm m$ )

№	Показатель, норма / Indicator, normal values	Период игрового сезона		
		2,5 мес. / 2.5 months	4 мес. / 4 months	6 мес. / 6 months
1	Мочевина, 2,2–7,2 ммоль/л / Urea, 2.2–7.2 mmol/l	6,38 ± 0,3*	8,2 ± 0,3*	6,27 ± 0,27***
2	ОХС, 5,2 ммоль/л / Total cholesterol, <5.2 mmol/l	4,92 ± 0,12*	5,36 ± 0,13 *	4,71 ± 0,26 ***
3	ХС-ЛПНП, <3,37 ммоль/л / Cholesterol-LDL, <3.37 mmol/l	3,41 ± 0,11**	3,45 ± 0,11***	2,96 ± 0,18**
4	ХС-ЛПВП, 1,55–5,55 ммоль/л / Cholesterol-HDL, 1.55–5.55 mmol/l	1,46 ± 0,07*	1,45 ± 0,06*	1,35 ± 0,03***
5	АсАТ, до 35 Ед/л / AsAT, up to 35 U / l	32,96 ± 1,65	38,36 ± 2,3	36,46 ± 1,82
6	КК-МВ, до 25 Ед/л / Creatine phosphokinase-MB, up to 25 U / l	24,66 ± 0,78	27,24 ± 1,16	26,0 ± 2,54
7	Витамин Е, 8–18 мкг/мл / Vitamin E, 8–18 µg / ml	6,61 ± 0,31	7,51 ± 0,38	7,09 ± 0,56
8	Витамин В <sub>2</sub> , 10–50 мкг/% / Vitamin B <sub>2</sub> , 10–50 µg / %	9,75 ± 0,41**	9,9 ± 0,46***	6,6 ± 0,27**
9	Хром, 0,05–0,1 мкг/мл / Chromium, 0.05–0.1 µg / ml	0,05 ± 0,005*	0,03 ± 0,006*	0,03 ± 0,006**
10	Кортизол, 190–690 нмоль/л / Cortisol, 190–690 nmol / L	925,89 ± 35,4**	946,79 ± 33,4***	815,75 ± 32,1***
11	Глутатион восстановленный / Reduced glutathione	1105,2 ± 48,1	1235,2 ± 51,1	1317,9 ± 55,6
12	Глутатион окисленный / Oxidized glutathione	115,5 ± 10,3	175,6 ± 13,5	161,4 ± 10,0

Примечание: \* достоверность различий через 2,5 и после 4 месяцев игр; \*\* достоверность различий через 2,5 и после 6 месяцев игр; \*\*\* достоверность различий через 4 и после 6 месяцев игр; глутатион восстановленный + окисленный, норма — 780–1200 мМ/л.

Note: \* reliability of differences after 2.5 and after 4 months of games; \*\* reliability of differences after 2.5 and after 6 months of games; \*\*\* reliability of differences after 4 and after 6 months of games; reduced + oxidized glutathione, normal values — 780–1200 mM / L.

значений лишь в 1-й группе. Показатели мочевины, КК-МВ, коэффициента атерогенности и де Ритиса подтверждали донозологические отклонения, наиболее выраженные у лиц с меньшей МТ.

Таким образом, для донозологической диагностики и профилактики преморбидных изменений у профессиональных хоккеистов с шайбой следует уделять внимание показателям крови, характеризующим белковый, жировой обмен, витаминно-минеральный баланс, состояние сердечной мышцы, системы глутатиона организма (табл.).

В настоящее время установлен единый перечень и порядок обследования спортсменов различных уровней специализации<sup>1</sup>. Определен перечень биохимических исследований. Наше наблюдение показало, что он не в достаточной мере оценивает здоровье спортсменов данной квалификации. Нами определены особенности, например, в липидном обмене: повышение ХС-ЛПНП и снижение ХС-ЛПВП (эти исследования не включены в перечень). Определены особенности в витаминном обмене, состоянии детоксикационной защиты, которые также не вошли в этот перечень.

#### 4. Выводы

1. Проведенное исследование с привлечением широкого перечня исследований выявило значимые донозологические изменения у спортсменов, которые могут приводить к ухудшению их здоровья. Данные исследования могут быть рекомендованы для сохранения здоровья и профессиональной надежности хоккеистов. Проведение подобных исследований на этапах сезона позволит принимать тренерскому составу и медицинским работникам меры по профилактике дезадаптационных сдвигов и сохранять работоспособность спортсменов, а значит, и результативность команды.

2. Исследование показало необходимость установления перечня клинико-лабораторных исследований соответственно видам спорта, например циклические, скоростно-силовые и т. д. Кроме того, для предупреждения риска здоровью необходимо проводить определение донозологических показателей на этапах спортивно-соревновательного цикла. Необходимым условием является дифференцированная оценка этих показателей в группах спортсменов с различной массой тела.

<sup>1</sup> Приказ МЗ РФ от 02.12.2020 № 1144н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, желающих заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнять нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) и форм медицинских заключений о допуске к участию в физкультурных и спортивных мероприятиях».

**Вклад авторов:**

**Жолдакова Зоя Ильинична** — концепция и дизайн исследования, редактирование.

**Рахманов Рофаиль Салыхович** — написание текста статьи, редактирование.

**Хайров Рашид Шамильевич** — сбор и обработка материала.

**Список литературы**

1. **Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А.** Функциональное состояние сердца студентов, занимающихся спортом в условиях Севера. Теория и практика физической культуры. 2017;(6):99–101.
2. **Малеев Д.О., Виноградов Е.Г., Исаев А.П., Ходкевич В.А.** Совершенствование тренировочного процесса биатлонистов 1617 лет на основе применения гипоксически гиперкапнических экспозиций и контроля изменений преморбидного состояния сердечно-сосудистой системы в базовом блоке подготовки. Человек. Спорт. Медицина. 2020;20(2):14–21. <https://doi.org/10.14529/hsm200202>
3. **Berge H.M., Isern C.B., Berge E.** Blood pressure and hypertension in athletes: a systematic review. Br. J. Sports Med. 2015;49(11):716–723. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093976>.
4. **Левшин И.В., Селиверстова В.В., Курьянович Е.Н., Аржаков В.В.** Предиктивные критерии формирования преморбидных состояний во время физических тренировок. В: Котив Б.Н., ред. Современные противоречия и направления развития авиационной и космической медицины: материалы научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры авиационной и космической медицины Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова. СПб.: ВМА им. С.М. Кирова; 2018, с. 159–164.
5. **Селиверстова В.В.** Адаптационные возможности механизмов регуляции функций спортсменов хоккеистов 18–22 лет. Олимпийский спорт и спорт для всех: XX Международный научный конгресс, Санкт-Петербург, 16–18 декабря 2016 года. Ч. 2. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; 2016, с. 144–146.
6. **Белогорцев Д.О.** Преморбидные изменения состояния здоровья у лиц систематически занимающихся физической подготовкой. Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта в Вооруженных силах Российской Федерации : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 180-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта (1837–1909), Санкт-Петербург, 05–06 октября 2017 года. Ч. 3. СПб.: Военный институт физической культуры; 2017, с. 24–26.
7. **Коломиец О.И., Быков Е.В., Чипышев А.В.** Современные технологии медико-биологического сопровождения спорта и физической деятельности. Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2017;(2(14)):24–29.
8. **Рахманов Р.С., Богомоллова Е.С., Хайров Р.Ш.** Характеристика рационов питания хоккеистов. Вопросы питания. 2019;88(4):57–65.
9. **Метельская В.А., Гуманова Н.Г.** Скрининг-метод определения уровня метаболитов азота в сыворотке крови. Клиническая лабораторная диагностика. 2005;(6):15–18.
10. **Переслегина И.А., Габина С.В., Макарова И.Б., Жукова Е.А., Кортоташвили Л.В.** Детоксицирующая функция печени по данным фармакокинетики антипирина при заболеваниях органов пищеварения у детей. Эфферентная терапия. 2005;(2):14–17.

**Authors' contributions:**

**Zoya I. Zholdakova** — study design and concept, editing.

**Rofail' S. Rakhmanov** — manuscript preparation, editing.

**Rashed Sh. Khayrov** — collection and processing of the material.

**References**

1. **Pogonysheva I.A., Pogonyshev D.A.** Academic sports in Far North: sporting students heart functionality tests. Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture. 2017;(6):99–101 (In Russ.).
2. **Maleev D.O., Vinogradov E.G., Isaev A.P., Khodkevich V.A.** Improving the Training Process of 16-17-Year-Old Biathletes by Means of Hypoxic-Hypercapnic Exposures and Control of Changes in the Premorbid Condition of the Cardiovascular System in the Basic Stage of Sports Preparation. Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine. 2020;20(2):14–21 (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm200202>.
3. **Berge H.M., Isern C.B., Berge E.** Blood pressure and hypertension in athletes: a systematic review. Br. J. Sports Med. 2015;49(11):716–723. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093976>.
4. **Levshin I.V., Seliverstova V.V., Kur'yanovich E.N., Arzhakov V.V.** Predictive criteria for establishment of pre-morbid conditions during physical training. In: Kotiv B.N., ed. Modern contradictions and directions of development of aviation and space medicine. Materials of the scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Department of Aviation and Space Medicine of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov. St. Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy; 2018, p. 159–164 (In Russ.).
5. **Seliverstova V.V.** Adaptive capacity of functional regulation mechanisms of hockey players athletes of 18–22 years. Olympic sport and sport for all. XX International Scientific Congress. 16–18 December, 2016, Saint-Petersburg. Part 2. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnic University; 2016, p. 144–146. (In Russ.).
6. **Belogortsev D.O.** Premorbid changes in the health status of individuals regularly engaged in physical training. Biomedical aspects of physical training and sports in the Armed Forces of the Russian Federation: Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the birth of P.F. Lesgaft (1837–1909), St. Petersburg, 05–06 October 2017. St. Petersburg: Military Institute of Physical Culture; 2017, p. 24–26 (In Russ.).
7. **Kolomiets O.I., Bykov E. V., Chipyshev A.V.** Modern technologies of medical-biological support of sport and physical activities. Nauchno-sportivnyi vestnik Urala i Sibiri = Ural and Siberia bulletin of sports science. 2017;(2(14)):24–29 (In Russ.).
8. **Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Khayrov R.Sh.** Estimation of the diet and metabolic status of hokkey players with different body mass. Voprosy pitaniya = Problems of nutrition. 2019;88(4):57–65 (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10042>.
9. **Metelskaya V.A., Gumanova N.G.** Screening-method for nitric oxide metabolites determination in human serum. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical laboratory diagnostics. 2005;(6):15–18 (In Russ.).
10. **Pereslegina I.A., Gabina S.V., Makarova I.B., Zhukova E.A., Korkotashvili L.V.** Detoxifying liver function according to the pharmacokinetics of antipyrine in diseases of the digestive system in children. Efferentnaya terapiya [Efferent therapy]. 2005;(2):14–17 (In Russ.).

11. **Фролова О.В., Кондакова Ю.А.** Индекс анаболизма спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта. Медицина: актуальные вопросы и тенденции развития. 2015;(6):74–80.
12. **Steininger M., Winter M.P., Reiberger T., Koller L., El Hamid F., Forster S., et al.** De-Ritis Ratio Improves LongTerm Risk Prediction after Acute Myocardial Infarction J. Clin. Med. 2018;7(12):474. <https://doi.org/10.3390/jcm7120474>
13. **Раджабкэдиев Р.М.** Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам. Наука и спорт: современные тенденции. 2019;7(2):81–91.
14. **Исаев А.П., Эрлих Ю.Б., Хусайнова В.В., Епишев А.В., Ненашева А.В., Романова Е.В.** Системный анализ тренировки и моделирования долговременных адаптационных процессов спортсменов высокой квалификации в условиях интегральной подготовки. Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». 2013;(3):23–35.
15. **Coelho W.S., Viveiros de Castro L., Deane E.** Investigating the cellular and metabolic responses of world class canoeists training: a sportomics approach. Nutrients. 2016;8(11):719. <https://doi.org/10.3390/nu8110719>
16. **Xing J.Q., Zhou Y., Fang W.** The effect of pre competition training on biochemical indices and immune function of volleyball players. Int. J. Clin. Exp. Med. 2013;6(8):712–715.
17. **Nasseu J.R., Ama Moor V.J., Takam R.D.M., ZingAwona B., AzabjiKenfack M., Tankeu F., et al.** Cameroonian professional soccer players and risk of atherosclerosis. / BMC Res. Notes. 2017;10(1):186. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2508-x>
18. **Hemalatha T., UmaMaheswar T. I., Krithiga G., Sankaranarayanan P., Puvanakrishnan R.** Enzymes in clinical medicine: an overview. Indian J. Exp. Biol. 2013;51(10):777–788.
19. **Nie J., Tong T.K., George K., Fu F.H., Lin H., Shi Q.** Resting and post exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2011;21(5):625–629. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01096.x>
20. **Nasseu J.R., Ama Moor V.J., Takam R.D.M., ZingAwona B., AzabjiKenfack M., Tankeu F.** Cameroonian professional soccer players and risk of atherosclerosis. BMC Res. Notes. 2017;10(1):186. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2508-x>
21. **Афанасьева И.А.** Показатели В-системы иммунитета при стрессе у спортсменов. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2007;(5(27)):3–7.
22. **Бабак О.Я.** Глутатион в норме и при патологии: биологическая роль и возможности клинического применения. Здоров'я України. 2015;(1):1–3.
23. **Каркищенко Н.Н., Уйб В.В., ред.** Очерки спортивной фармакологии. Том 2. Векторы фармакопротекции. М., СПб.: Айсинг; 2014. 448 с.
11. **Frolova O.V., Kondakov Y.A.** Index of anabolism highly qualified sportsmen of cyclic sports. Meditsina: aktual'nye voprosy i tendentsii razvitiya = Medicine: current issues and development trends. 2015;(6):74–80 (In Russ.)
12. **Steininger M., Winter M.P., Reiberger T., Koller L., El Hamid F., Forster S., et al.** De-Ritis Ratio Improves LongTerm Risk Prediction after Acute Myocardial Infarction J. Clin. Med. 2018;7(12):474. <https://doi.org/10.3390/jcm7120474>
13. **Radzhabkadiyev R.M.** Biochemical markers of adaptation of highly qualified athletes to various physical activities. Nauka i sport: sovremennye tendentsii = Science and Sport: modern tendencies. 2019;7(2):81–91 (In Russ.)
14. **Isaev A.P., Erlich V.V., Khusainova Yu.B., Epishev V.V., Nenashева A.V., Romanova E.V.** The system analysis of training and modelling of long-term adaption processes for high qualified sportsmen under the conditions of integrated training. Vestnik YuUrGU. Seriya «Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura» = Bulletin of the South Ural State University Series "Education, Healthcare Service, Physical Education" 2013;(3):23–35 (In Russ.)
15. **Coelho W.S., Viveiros de Castro L., Deane E.** Investigating the cellular and metabolic responses of world class canoeists training: a sportomics approach. Nutrients. 2016;8(11):719. <https://doi.org/10.3390/nu8110719>
16. **Xing J.Q., Zhou Y., Fang W.** The effect of pre competition training on biochemical indices and immune function of volleyball players. Int. J. Clin. Exp. Med. 2013;6(8):712–715.
17. **Nasseu J.R., Ama Moor V.J., Takam R.D.M., ZingAwona B., AzabjiKenfack M., Tankeu F., et al.** Cameroonian professional soccer players and risk of atherosclerosis. / BMC Res. Notes. 2017;10(1):186. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2508-x>
18. **Hemalatha T., UmaMaheswar T. I., Krithiga G., Sankaranarayanan P., Puvanakrishnan R.** Enzymes in clinical medicine: an overview. Indian J. Exp. Biol. 2013;51(10):777–788.
19. **Nie J., Tong T.K., George K., Fu F.H., Lin H., Shi Q.** Resting and post exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2011;21(5):625–629. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01096.x>
20. **Nasseu J.R., Ama Moor V.J., Takam R.D.M., ZingAwona B., AzabjiKenfack M., Tankeu F.** Cameroonian professional soccer players and risk of atherosclerosis. BMC Res. Notes. 2017;10(1):186. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2508-x>
21. **Afanasyeva I.A.** Indicators of the Bsystem of immunity during stress in athletes. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2007;(5(27)):3–7 (In Russ.)
22. **Babak O.Ya.** Glutathione in normal and pathological conditions: biological role and clinical potential. Zdorov'ya Ukraini. 2015;(1):1–3 (In Russ.)
23. **Karkishchenko N.N., Uyb V.V., eds.** Essays on sports pharmacology. Vol. 2. Vectors of pharmacoprotection. Moscow, SPb.: Aising Publ.; 2014. 448 p. (In Russ.)

**Информация об авторах:**

**Жолдакова Зоя Ильинична**, д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Россия, Москва, ул. Погодинская, 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5658-623X> (brean38@mail.ru)

**Рахманов Рофаиль Салыхович\***, д.м.н., профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603005, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518> (+7 (910) 792-89-82; raf53@mail.ru)

**Хайров Рашид Шамильевич**, ассистент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603005, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6007-2036> (+7 (915) 948-31-53; hairword@yandex.ru)

**Information about the authors:**

**Zoya I. Zholdakova**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, leading researcher of the Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, 10/1, Pogodinskaya str., Moscow, 119121, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5658-623X> (brean38@mail.ru)

**Rofail' S. Rakhmanov\***, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Hygiene of the Privolzhsky Research Medical University, 10/1, Minin and Pozharsky sq., Nizhniy Novgorod, 603005, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518> (+7 (910) 792-89-82; raf53@mail.ru)

**Rashed Sh. Khayrov**, Assistant Professor of the Department of Hygiene of the Privolzhsky Research Medical University, 10/1, Minin and Pozharsky sq., Nizhniy Novgorod, 603005, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6007-2036> (+7 (915) 948-31-53; hairword@yandex.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.5>

УДК: 613.292:615.874

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Изучение ассоциации полиморфизма генов с риском алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов-единоборцев

Е.Ю. Сорокина, А.В. Погожева\*, Д.Б. Никитюк

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»  
Федерального агентства научных организаций, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучение влияния генетических полиморфизмов: rs9939609 гена FTO, rs4994 гена ADRB3, rs1042713 гена ADRB2, rs2228570 гена VDR и rs1801133 гена MTHFR на антропометрические показатели и показатели липидного обмена у спортсменов, представляющих спортивные единоборства.

**Материалы и методы:** исследования антропометрических и биохимических показателей, генетических полиморфизмов проводили у 120 спортсменов (101 мужчина и 19 женщин), которые занимаются спортивными единоборствами. Антропометрические исследования проводили путем измерения роста (см), массы тела (кг) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ, кг/м<sup>2</sup>). Биохимические маркеры пищевого статуса определяли с использованием анализатора ABX Pentra 400 (HORIBA ABX SAS, Франция) в автоматическом режиме. Генотипирование проводили с применением аллель-специфичной амплификации с использованием TaqMan-зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК и детекцией результатов в режиме реального времени с использованием наборов реактивов компании «Синтол», Россия. Исследования проводили на приборе CFX96 Real Time System (Bio-Rad, США). Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием системы PASW Statistics 20.

**Результаты:** в результате генотипирования спортсменов единоборцев на риск алиментарно-зависимых заболеваний обнаружено, что частота встречаемости аллеля А полиморфизма rs9939609 гена FTO у них составляет 43,9 %, аллеля С полиморфизма rs4994 гена ADRB3 — 10,9 %, аллеля G полиморфизма rs1042713 гена ADRB2 — 52,6 %, аллеля G полиморфизма rs2228570 гена VDR — 44,9 % и аллеля Т rs1801133 гена MTHFR — 36,7 %. Выявлена ассоциация между величиной антропометрических показателей у мужчин-единоборцев и наличием полиморфизмов rs9939609 (FTO), rs1042713 (ADRB2) и rs2228570 (VDR).

**Выводы:** причиной выявленной дислипидемии у единоборцев могут быть не только обнаруженные нами ранее нарушения структуры их питания, но и наличие определенных генетических полиморфизмов, в частности, rs4994 гена ADRB3 и rs1042713 гена ADRB2.

**Ключевые слова:** спортивные единоборства, полиморфизм генов, антропометрия, липидный обмен

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

**Для цитирования:** Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Никитюк Д.Б. Изучение ассоциации полиморфизма генов с риском алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов-единоборцев. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):25–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.5>

Поступила в редакцию: 17.12.2021

Принята к публикации: 23.05.2021

Online first: 25.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Study of the association of gene polymorphism with the risk of non-communicable diseases in martial artists

Elena Yu. Sorokina, Alla V. Pogozheva\*, Dmitriy B. Nikityuk

Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to study the effect of genetic polymorphisms: rs 9939609 (FTO gene), rs4994 (ADRB3 gene), rs1042713 (ADRB2 gene), rs2228570 (VDR gene), rs1801133 (MTHFR gene) on anthropometric and lipid metabolism indicators in athletes representing martial arts.

**Materials and methods:** studies of anthropometric and biochemical parameters, genetic polymorphisms were carried out in 120 athletes (101 men and 19 women) who are engaged in martial arts. Anthropometric studies were performed by measuring height (cm), body weight (kg), followed by calculating body mass index (BMI, kg / m<sup>2</sup>). Biochemical nutritional status markers were determined using the ABX Pentra 400 analyzer (HORIBA ABX SAS, France) in an automatic mode. Genotyping was performed using allele-specific amplification using TaqMan probes complementary to

polymorphic DNA regions and real-time detection of the results using reagent kits from Syntol, Russia. Studies were performed on the device CFX96 Real Time System (Bio-Rad, USA). Statistical processing of the results was performed using the PASW Statistics 20 system.

**Results:** as a result of generic Diovan athletes martial artists on the risk of non-communicable diseases, discovered that the frequency of allele A of rs9939609 polymorphism of the FTO gene they have is 43.9 %, allele polymorphism rs4994 ADRB3 gene — 10.9 %, G allele of rs1042713 ADRB2 gene polymorphism — 52.6 %, G allele of the polymorphism rs2228570 VDR gene with 44.9 % and allele t of rs1801133 in the MTHFR gene to 36.7 %. An association was found between the value of anthropometric indicators in male martial artists and the presence of polymorphisms rs9939609 (FTO), rs1042713 (ADRB2) and rs2228570 (VDR).

**Conclusions:** the reason for the identified dyslipidemia in martial artists may be not only the previously detected violations of the structure of their nutrition, but also the presence of certain genetic polymorphisms, in particular, rs4994 of the ADRB3 gene and rs1042713 of the ADRB2 gene.

**Keywords:** martial arts, gene polymorphism, anthropometry, lipid metabolism

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

**For citation:** Sorokina E.Yu., Pogozeva A.V., Nikityuk D.B. Study of the association of gene polymorphism with the risk of non-communicable diseases in martial artists. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):25–33. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.5>

**Received:** 17 December 2020

**Accepted:** 23 May 2021

**Online first:** 25 July 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Физиологические, метаболические и психологические стрессы, связанные с тренировками и соревнованиями, нарушения питания снижают неспецифическую резистентность организма спортсменов и увеличивают риск развития заболеваний, в том числе алиментарно-зависимых (сердечно-сосудистых, ожирения, сахарного диабета 2-го типа и др.). Оптимизация тренировочной нагрузки и рациона питания спортсменов играет важную роль в снижении риска подобной заболеваемости [1–4]. Сложность составления рационов питания для спортсменов связана с их индивидуальными особенностями, связанными в том числе с генетическими факторами [5–8].

Методические подходы нутригеномики и нутригеники в последнее время широко применяются для изучения алиментарно-зависимых заболеваний, что позволяет обеспечить понимание механизма взаимодействия генов и пищевых компонентов в их этиологии и патогенезе. В частности, серьезной медицинской проблемой в современном мире является широкое распространение ожирения, которое связано не только с изменением образа жизни, доступностью высококалорийной пищи, но и с генетической предрасположенностью. Оно является существенным фактором риска для развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа и др. [9].

К настоящему времени известно множество полиморфизмов, которые ассоциированы с развитием алиментарно-зависимых заболеваний. Наиболее известные из них rs1815739 rs9939609 гена FTO, rs4994 гена ADRB3, rs1042713 гена ADRB2, rs2228570 гена VDR и rs1801133 гена MTHFR.

### Полиморфизм rs9939609 гена FTO

Ассоциация однонуклеотидного полиморфизма rs9939609 гена связи с жировой массой и ожирением (международный символ FTO, местоположение 16q12.2)

с ожирением показана в целом ряде работ, выполненных в европейских, азиатских и африканских популяциях.

### Полиморфизм rs9939609 гена FTO

Ассоциация полиморфизма rs9939609 гена связи с жировой массой и ожирением (официальный символ — FTO, местоположение: 16q12.2) с нарушением пищевого поведения и риском формирования избыточной массы тела показана в целом ряде работ, в том числе и в российских популяциях. Результаты исследований у детей и подростков европейского происхождения с носительством аллеля А полиморфизма rs9939609 показали потерю контроля за потреблением пищи и предпочтение более высококалорийной пищи по сравнению с носителями генотипа ТТ, что впоследствии было подтверждено при обследовании американских детей из разных этнических групп [10–13].

### Полиморфизм rs4994 гена ADRB3

Ген  $\beta$ 3-адренорецептора (официальный символ — ADRB3, местоположение 8p12-p11.2) экспрессируется главным образом в адипоцитах, а также в сосудах, гладких мышцах пищеварительного тракта, желчном пузыре, предстательной железе и скелетных мышцах. Однонуклеотидный полиморфизм в 64-м кодоне этого гена, приводящий к замене триптофана на аргинин в белке  $\beta$ 3-адренорецептора, ассоциирован (rs4994), как показано в целом ряде работ, выполненных в разных этнических популяциях (американцы европейского происхождения, европейцы, японцы, китайцы), с избыточной массой тела и ожирением [11, 14].

### Полиморфизм rs1042713 гена $\beta$ 2-адренорецептора

Ген  $\beta$ 2-адренорецептора (международный код — ADRB2, местоположение 5q31-q32) кодирует  $\beta$ 2-адренорецептор, который является одним из рецепторов суперсемейства G-белков и играет ключевую роль в регуляции центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной систем.

Активация  $\beta$ 2-адренорецептора вызывает увеличение интенсивности гликогенолиза в мышцах и мобилизации липидов в жировых клетках. Ген ADRB2 экспрессирован в клетках гладкой мускулатуры. Наиболее изученным его полиморфизмом является rs1042713 (A/G), который ассоциирован с риском развития ожирения, гиперлипидемии, гиперлептинемии и инсулинорезистентности [15]. Результаты других исследований показывают, что полиморфизм rs1042713 гена ADRB2 связан с риском эссенциальной гипертонии, причем выраженность данного эффекта возрастает с увеличением индекса массы тела [16].

#### **Полиморфизм rs2228570 гена VDR**

Полиморфизм rs2228570 расположен в экзоне 2 стартового кодона гена рецептора витамина D (международный символ VDR, местоположение 12q12-q14). Ассоциация этого полиморфизма с обеспеченностью витамином D, т.е. с уровнем 25(OH)D в сыворотке крови, выявлена в европейских популяциях [17, 18]. В ряде работ показана связь полиморфизма со снижением минеральной плотности костной ткани, что увеличивает риск получения травм в спорте [19].

#### **Полиморфизм rs1801133 гена MTHFR**

Результаты популяционных исследований показали, что замена цитозина на тимидин в позиции 677, гена метилентетрагидрофосфатредуктазы, которая, в свою очередь, приводит к замене аминокислоты аланина на валин (позиция 223), ассоциирована с дефицитом фолиевой кислоты. У лиц, гомозиготных по данной мутации (генотип TT), отмечается снижение активности метилентетрагидрофосфатредуктазы до 70 % от среднего значения, что, в свою очередь, приводит к снижению уровня фолиевой кислоты и увеличению содержания гомоцистеина, что определяет риск развития алиментарно-зависимых заболеваний [20, 21].

**Целью** настоящего исследования явилось изучение у спортсменов-единоборцев ассоциации генетических полиморфизмов rs1815739 rs9939609 гена FTO, rs4994 гена ADRB3, rs1042713 гена ADRB2, rs2228570 гена VDR и rs1801133 гена MTHFR с риском алиментарно-зависимых заболеваний.

#### **2. Материалы и методы**

В исследовании принимали участие 120 спортсменов-единоборцев (из них 101 мужчина и 19 женщин) следующих видов спорта: самбо (45 спортсменов), бокс (42 спортсмена), тхэквандо (19 спортсменов), дзюдо (8 спортсменов), сумо (6 спортсменов).

Из всех единоборцев 83 (64 мужчин и 19 женщин, средний возраст  $22,4 \pm 0,74$  года) были обследованы на базе Клиники спортивной медицины (филиал № 1) ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы во время тренировочного периода.

37 спортсменов (мужчин, средний возраст  $20,3 \pm 1,4$  года) юношеской сборной России по боксу обследовались во время сборов на тренировочной базе СОБ МГФСО «Чехов».

Антропометрические исследования проводили путем измерения роста (см), массы тела (кг) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ). Состав тела определяли методом биоимпедансометрии с помощью анализатора «Диамант» (Санкт-Петербург, РФ).

Биохимические маркеры пищевого статуса определяли с использованием анализатора ABX Pentra 400 (HORIBA ABX SAS, Франция) в автоматическом режиме.

Генотипирование проводили с применением аллель-специфичной амплификации с использованием TaqMan-зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК, и детекцией результатов в режиме реального времени с использованием наборов реактивов компании «Синтол», Россия. Исследования производили на приборе CFX96 Real Time System (Bio-Rad, США).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием системы PASW Statistics 20.

#### **3. Результаты и их обсуждение**

Изучение полиморфизма rs9939609 гена FTO показало, что частота встречаемости аллеля А, для которого выявлена ассоциация с избыточной массой тела и ожирением, в группе обследуемых спортсменов составила 43,9 %, что несколько ниже величины этого показателя в европейских популяциях, в том числе и в Российской Федерации (центральные регионы), где она составляет 46–49 % [10, 11]. Разницы между данными показателями у мужчин и женщин выявлено не было (табл. 1).

При изучении полиморфизма rs4994 гена ADRB3 было выявлено, что частота встречаемости аллеля С, для которого установлена связь с избыточной массой тела и ожирением, в группе всех обследуемых спортсменов составила 10,9 %, что согласуется с данными, полученными в европейских популяциях, в том числе и в Российской Федерации, где этот показатель составляет 7–12 % [11]. У женщин мутантный аллель С встречался в 1,6 раза чаще, чем у мужчин.

Как видно из таблицы 1, в обследованной группе спортсменов частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1042713 гена  $\beta$ 2-адренорецептора составляла 52,6 %. Полученные данные несколько выше значений, характерных для русской популяции центральных регионов России, и европейской популяции, где она составляет 38–45 % [16, 22].

Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs2228570 гена VDR (табл. 1) в группе спортсменов, представляющих единоборства, составила 44,9 %, что соответствует этому показателю в европейских популяциях и центральных регионах России, где величина этого показателя составляет 40–50 % [17, 18]. У женщин

Таблица 1

## Распределение генотипов и частота аллелей полиморфизма генов у единоборцев

Table 1

## Distribution of genotypes and frequency of alleles of gene polymorphism in martial art

Полиморфизм / Polymorphism	Частота генотипов / Distribution of genotypes, %		Частота аллелей / Frequency of alleles, %	
rs9939609 (FTO)	ТТ	АТ+АА	Т	А
Все / All	34,1	65,9	56,1	43,9
Мужчины / Men	34,8	65,2	56,6	43,5
Женщины / Women	33,3	66,7	55,5	44,5
rs4994 (ADRB3)	ТТ	СТ+СС	Т	С
Все / All	78,0	22,0	89,1	10,9
Мужчины / Men	82,6	17,4	91,3	8,7
Женщины / Women	72,2	27,8	86,1	13,9
rs1042713 (ADRB2)	АА	АГ + ГГ	А	Г
Все / All	20,5	79,4	47,4	52,6
Мужчины / Men	21,7	78,3	50,0	50,0
Женщины / Women	18,8	81,2	43,7	56,3
rs2228570 (VDR)	АА	АГ + ГГ	А	Г
Все / All	28,2	71,8	55,1	44,9
Мужчины / Men	39,1	60,9	60,8	39,2
Женщины / Women	12,5	87,5	46,8	53,2
rs1801133 (MTHFR)	СС	СТ + ТТ	А	Г
Мужчины / Men	50,0	50,0	63,3	36,7

частота встречаемости мутантного аллеля G была в 1,4 раза выше, чем у мужчин.

Как видно из той же таблицы, частота встречаемости аллеля T rs1801133 гена MTHFR в наших исследованиях составляла 36,7 %, что соответствует этому показателю в европейских популяциях, в том числе и в центральных регионах Российской Федерации [20, 22].

Анализ результатов антропометрических исследований показал, что мужчины, носители генотипа СТ полиморфизма rs4994 гена ADRB3, по сравнению с генотипом ТТ обладали более высоким ростом, а носители аллеля Т (генотипы СТ+ТТ) полиморфизма rs1801133 гена MTHFR имели более высокий рост, массу тела и ИМТ по сравнению с носителями генотипа СС этих полиморфизмов соответственно (табл. 2).

В то же время нами не было выявлено влияния генетических полиморфизмов rs9939609 (FTO), rs1042713 (ADRB2) и rs2228570 (VDR) на изученные антропометрические показатели спортсменов.

Как видно из таблицы 3, средние значения показателей липидного спектра сыворотки крови у обследованных единоборцев находились в пределах нормальных колебаний.

В то же время наличие мутантного аллеля гена ADRB3 ассоциировалось с достоверно более высоким

содержанием в сыворотке крови холестерина ЛПНП у женщин, занимающихся единоборствами.

У мужчин с наличием аллеля G полиморфизма rs1042713 гена  $\beta$ 2-адренорецептора также отмечался достоверно более высокий уровень холестерина ЛПНП в сыворотке крови (табл. 3). Полученные результаты подтверждают данные других авторов, которые свидетельствуют об ассоциации полиморфизма генов  $\beta$ -адренорецепторов с риском развития гиперлипидемии [15].

Изменение липидного спектра сыворотки крови обследованных единоборцев может быть связано не только с генетическим фактором, но и обнаруженным нами ранее нарушением состава их рациона: избыточное содержание в нем животного жира, холестерина, натрия и добавленного сахара (за счет высокожировых молочных продуктов и кондитерских изделий) на фоне недостаточного потребления пищевых волокон [2, 23].

#### 4. Выводы

В результате проведенных исследований полиморфизмов генов, связанных с выносливостью спортсменов, представляющих спортивные единоборства, обнаружено, что частота встречаемости аллеля А полиморфизма rs9939609 гена FTO у них составляет 43,9 %, аллеля

Таблица 2

Антропометрические показатели единоборцев в зависимости от наличия полиморфизмов генов ( $M \pm m$ )

Table 2

Anthropometric indicators of martial artists, depending on the presence of gene polymorphisms ( $M \pm m$ )

Полиморфизм / Polymorphism	Генотипы / Genotypes		$p$
Рост, см / Height, cm			
rs9939609 (FTO)	ТТ	АТ + АА	
Мужчины / Men	182,0 ± 2,43	179,3 ± 2,54	>0,05
Женщины / Women	169,4 ± 4,50	165,2 ± 2,31	>0,05
Масса тела, кг / Body weight, kg			
Мужчины / Men	83,8 ± 4,7	79,9 ± 5,3	>0,05
Женщины / Women	65,2 ± 6,61	62,2 ± 2,91	>0,05
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg / m <sup>2</sup>			
Мужчины / Men	25,3 ± 0,69	24,8 ± 3,87	>0,05
Женщины / Women	22,7 ± 1,63	22,8 ± 1,64	>0,05
rs4994 (ADRB3)	ТТ	СТ	
Рост, см / Height, cm			
Мужчины / Men	178,6 ± 1,91	188,0 ± 3,69	<0,05
Женщины / Women	167,4 ± 1,76	163,7 ± 7,11	>0,05
Масса тела, кг / Body weight, kg			
Мужчины / Men	79,5 ± 4,38	89,7 ± 6,22	>0,05
Женщины / Women	65,8 ± 3,04	55,0 ± 4,70	>0,05
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg / m <sup>2</sup>			
Мужчины / Men	24,9 ± 3,07	25,4 ± 1,93	>0,05
Женщины / Women	23,5 ± 0,68	20,5 ± 1,68	>0,05
rs1042713 (ADRB2)	АА	АГ + ГГ	
Рост, см / Height, cm			
Мужчины / Men	181,4 ± 5,78	179,9 ± 1,85	>0,05
Женщины / Women	167,7 ± 1,20	166,2 ± 1,58	>0,05
Масса тела, кг / Body weight, kg			
Мужчины / Men	85,4 ± 6,16	80,1 ± 4,60	>0,05
Женщины / Women	65,3 ± 4,91	62,6 ± 3,27	>0,05
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg / m <sup>2</sup>			
Мужчины / Men	25,9 ± 0,87	24,7 ± 3,23	>0,05
Женщины / Women	23,2 ± 1,37	22,7 ± 0,68	>0,05
rs2228570 (VDR)	АА	АГ+ГГ	
Рост, см / Height, cm			
Мужчины / Men	178,8 ± 3,24	181,2 ± 2,27	>0,05
Женщины / Women	160,5 ± 3,60	167,3 ± 2,28	>0,05
Масса тела, кг / Body weight, kg			
Мужчины / Men	79,9 ± 3,37	82,1 ± 5,89	>0,05
Женщины / Women	54,0 ± 6,00	64,4 ± 2,90	>0,05
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg / m <sup>2</sup>			
Мужчины / Men	25,0 ± 0,68	25,0 ± 3,88	>0,05
Женщины / Women	20,9 ± 1,30	23,0 ± 2,60	>0,05
rs1801133 (MTHFR)	СС	СТ+ТТ	

Продолжение таблицы 2

Полиморфизм / Polymorphism	Генотипы / Genotypes		p
Рост, см / Height, cm			
Мужчины / Men	172,4 ± 2,2	181,4 ± 2,0	<0,01
Масса тела, кг / Body weight, kg			
Мужчины / Men	66,8 ± 3,3	81,1 ± 2,9	<0,01
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg / m <sup>2</sup>			
Мужчины / Men	22,4 ± 0,65	24,6 ± 0,68	<0,05

Таблица 3

Показатели липидного обмена единоборцев в зависимости от наличия полиморфизмов генов ( $M \pm m$ )

Table 3

Indicators of lipid metabolism of martial artists, depending on the presence of gene polymorphisms ( $M \pm m$ )

Полиморфизм / Polymorphism	Генотипы / Genotypes		p
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol / l			
<b>rs9939609 (FTO)</b>	<b>ТТ</b>	<b>АТ + АА</b>	
Мужчины / Men	0,89 ± 0,16	1,10 ± 0,15	>0,05
Женщины / Women	0,65 ± 0,14	0,67 ± 0,09	>0,05
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	3,90 ± 0,27	3,80 ± 0,20	>0,05
Женщины / Women	4,08 ± 0,25	4,27 ± 0,22	>0,05
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	1,18 ± 0,05	1,14 ± 0,06	>0,05
Женщины / Women	1,46 ± 0,10	1,66 ± 0,08	>0,05
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	1,93 ± 0,16	1,82 ± 0,14	>0,05
Женщины / Women	2,00 ± 0,31	2,02 ± 0,11	>0,05
<b>rs4994 (ADRB3)</b>	<b>ТТ</b>	<b>СТ</b>	
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol / l			
Мужчины / Men	1,08 ± 1,13	0,77 ± 0,08	>0,05
Женщины / Women	0,75 ± 0,13	0,72 ± 0,17	>0,05
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	3,95 ± 0,18	3,39 ± 0,31	>0,05
Женщины / Women	4,10 ± 0,16	4,60 ± 0,36	>0,05
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	1,17 ± 0,05	1,07 ± 0,62	>0,05
Женщины / Women	1,62 ± 0,08	1,50 ± 0,12	>0,05
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	2,29 ± 0,13	1,97 ± 0,22	>0,05
Женщины / Women	2,14 ± 0,10	2,78 ± 0,12	<0,05
<b>rs1042713 (ADRB2)</b>	<b>АА</b>	<b>АG+GГ</b>	
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol / l			
Мужчины / Men	1,37 ± 0,46	0,94 ± 0,08	>0,05
Женщины / Women	1,23 ± 0,33	0,62 ± 0,07	>0,05
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	3,75 ± 0,37	3,89 ± 0,18	>0,05
Женщины / Women	4,54 ± 0,20	4,15 ± 0,18	>0,05

Продолжение таблицы 3

Полиморфизм / Polymorphism	Генотипы / Genotypes		p
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	1,12 ± 0,11	1,16 ± 0,04	>0,05
Женщины / Women	1,65 ± 0,15	1,58 ± 0,08	>0,05
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	2,01 ± 0,10	2,31 ± 0,06	<0,05
Женщины / Women	2,33 ± 0,13	2,29 ± 0,12	>0,05
rs2228570 (VDR)	AA	AG + GG	
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol / l			
Мужчины / Men	1,27 ± 0,24	0,88 ± 0,10	>0,05
Женщины / Women	0,75 ± 0,15	0,65 ± 0,09	>0,05
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	4,21 ± 0,35	3,65 ± 0,12	>0,05
Женщины / Women	4,45 ± 0,05	4,16 ± 0,18	>0,05
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	1,10 ± 0,08	1,18 ± 0,05	>0,05
Женщины / Women	1,70 ± 0,10	1,57 ± 0,08	>0,05
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL cholesterol, mmol / l			
Мужчины / Men	2,54 ± 0,24	2,07 ± 0,08	>0,05
Женщины / Women	2,41 ± 0,65	2,30 ± 0,11	>0,05

С полиморфизма rs4994 гена ADRB3 — 10,9 %, аллеля G полиморфизма rs1042713 гена ADRB2 — 52,6 %, аллеля G полиморфизма rs2228570 гена VDR — 44,9 % и аллеля T rs1801133 гена MTHFR — 36,7 %. Полученные данные в целом сопоставимы с результатами других исследований, проведенных в России и Европе.

Ассоциация между величиной антропометрических показателей у спортсменов и наличием некоторых полиморфизмов обнаружена только у мужчин: носители генотипа СТ полиморфизма rs4994 гена ADRB3 по сравнению с генотипом ТТ обладали более высоким ростом, а носители (мужчины) аллеля Т (генотипы СТ + ТТ) полиморфизма rs1801133 гена MTHFR — более высоким

ростом, массой тела и ИМТ по сравнению с носителями генотипа СС этих полиморфизмов. В то же время не было выявлено влияния генетических полиморфизмов rs9939609 (FTO), rs1042713 (ADRB2) и rs2228570 (VDR) на изученные антропометрические показатели спортсменов.

Причиной выявленного дисбаланса атерогенной направленности липидного спектра сыворотки крови у единоборцев могут быть не только обнаруженные нами ранее нарушения структуры их питания, но и наличие определенных генетических полиморфизмов, в частности полиморфизма rs4994 гена ADRB3 и rs1042713 гена ADRB2, что согласуется с данными исследований других авторов.

#### Вклад авторов:

**Сорокина Елена Юрьевна** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала, статистическая обработка материала.

**Погожева Алла Владимировна** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала, статистическая обработка материала.

**Никитюк Дмитрий Борисович** — концепция и дизайн исследования, редактирование.

#### Authors' contributions:

**Elena Yu. Sorokina** — manuscript preparation, collection and processing of the material, statistical processing of the data.

**Alla V. Pogozheva** — manuscript preparation, collection and processing of the material, statistical processing of the data.

**Dmitriy B. Nikityuk** — study design and concept, editing.

#### Список литературы

1. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Погожева А.В. Спортивное питание: от теории к практике. М.: ТД ДеЛи; 2020. 256 с.
2. Никитюк Д.Б., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э. Оценка фактического питания и пищевого статуса спортсменов-единоборцев. Спортивная медицина: наука и практика. 2018;8(2):47–53. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.4>
3. Burke L.M., Castell L.M., Casa D.J., Close G.L., Costa R.J.S., Desbrow B., et al. International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for

#### References

1. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Pogozheva A.V. Sports nutrition: from theory to practice. Moscow: TD DeLi Publ; 2020. 256 p. (In Russ.).
2. Nikityuk D.B., Pogozheva A.V., Casablanc E.E. Assessment of dietary intake and nutritional status of combat athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: science and practice. 2018;8(2):47–53. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.4> (In Russ.).
3. Burke L.M., Castell L.M., Casa D.J., Close G.L., Costa R.J.S., Desbrow B., et al. International Association of Ath-

Athletics. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):73–84. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0065>

4. **Castell L.M., Nieman D.C., Bermon S., Peeling P.** Exercise-induced illness and inflammation: Can immunonutrition and iron help? *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):181–188. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0288>

5. **Peeling P., Binnie M.J., Goods P.S.R., Sim M., Burke L.M.** Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. *J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2018;8(2):178–187. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0343>

6. **Montero D., Lundby C.** Refuting the myth of non-response to exercise training: Non-responders do respond to higher dose of training. *J. Physiol.* 2017;595(11):3377–3387. <https://doi.org/10.1113/JP273480>

7. **Stapley P.J., McAndrew D.J., Walsh J.A., Kellis, E., Mickel C., Paoli A.** The “Journal of functional morphology and kinesiology” Journal club series: Highlights on recent papers in strength and conditioning. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2017;2(4):36. <https://doi.org/10.3390/jfmk2040036>

8. **Willems M., Parktin N., Widjaja W., Ajijaporn A.** Effect of new zealand blackcurrant extract on physiological responses at rest and during brisk walking in southeast asian men: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Nutrients.* 2018;10(11):1732. <https://doi.org/10.3390/nu10111732>

9. **Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., ред.** Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2020. 632 с.

10. **Yang Q, Xiao T., Guo J., Su Z.** Complex Relationship between Obesity and the Fat Mass and Obesity Locus. *Int. J. Biol. Sci.* 2017;13(5):615–629. <https://doi.org/10.7150/ijbs.17051>

11. **Батурин А.К., Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Пескова Е.В., Макурина О.Н., Тутельян В.А.** Изучение сочетанного влияния генетических полиморфизмов rs9939609 гена FTO и rs4994 гена ADRD3 на риск развития ожирения. *Вопросы питания.* 2016;(4):29–35.

12. **Батурин А.К., Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Кешабынц Э.Э., Кобелькова И.В., Камбаров А.О., и др.** Изучение ассоциации полиморфизмов rs993609 гена FTO и rs659366 гена UCP2 с ожирением у населения Арктической зоны Российской Федерации. *Вопросы питания.* 2017;86(3):32–39. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00042>

13. **Zdrojowy-Wełna A., Bednarek-Tupikowska G., Zatońska K., Kolačkov K., JokieliRokita A., Bolanowski M.** The association between FTO gene polymorphism rs9939609 and obesity is sex-specific in the population of PURE study in Poland. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2020;29(1):25–32. <https://doi.org/10.17219/acem/111811>

14. **Xie C., Hua W., Zhao Y., Rui J., Feng J., Chen Y., et al.** The ADRB3 rs4994 polymorphism increases risk of childhood and adolescent overweight/obesity for East Asia’s population: an evidence-based meta-analysis. *Adipocyte.* 2020;9(1):77–86. <https://doi.org/10.1080/21623945.2020.1722549>

15. **Daghestani M.H., Warsy A., Daghestani M.H., Al-Odaib A.N., Eldali A., Al-Eisa N.A., et al.** Arginine 16 glycine polymorphism in  $\beta$ 2-adrenergic receptor gene is associated with obesity, hyperlipidemia, hyperleptinemia, and insulin resistance in Saudis. *Int. J. Endocrinol.* 2012;2012:945608. <https://doi.org/10.1155/2012/945608>

16. **Тимашева Я.Р., Насибуллин Т.Р., Имаева Э.Б., Мирсаева Г.Х., Мустафина О.Е.** Полиморфизм генов бета-адренорецепторов и риск эссенциальной гипертензии. *Артериальная гипертензия.* 2015;21(3):259–266. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266>

letics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):73–84. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0065>

4. **Castell L.M., Nieman D.C., Bermon S., Peeling P.** Exercise-induced illness and inflammation: Can immunonutrition and iron help? *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2019;29(2):181–188. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0288>

5. **Peeling P., Binnie M.J., Goods P.S.R., Sim M., Burke L.M.** Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. *J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2018; 8(2):178–187. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0343>

6. **Montero D., Lundby C.** Refuting the myth of non-response to exercise training: Non-responders do respond to higher dose of training. *J. Physiol.* 2017;595(11):3377–3387. <https://doi.org/10.1113/JP273480>

7. **Stapley P.J., McAndrew D.J., Walsh J.A., Kellis, E., Mickel C., Paoli A.** The “Journal of functional morphology and kinesiology” Journal club series: Highlights on recent papers in strength and conditioning. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2017; 2(4):36. <https://doi.org/10.3390/jfmk2040036>

8. **Willems M., Parktin N., Widjaja W., Ajijaporn A.** Effect of new zealand blackcurrant extract on physiological responses at rest and during brisk walking in southeast asian men: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Nutrients.* 2018;10(11):1732. <https://doi.org/10.3390/nu10111732>

9. **Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., editors.** The nutrition science and clinical nutrition: national guide. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. 632 p. (In Russ.).

10. **Yang Q, Xiao T., Guo J., Su Z.** Complex Relationship between Obesity and the Fat Mass and Obesity Locus. *Int. J. Biol. Sci.* 2017;13(5):615–629. <https://doi.org/10.7150/ijbs.17051>

11. **Baturin A.K., Sorokina E.Yu., Pogozheva A.V., E. Peskova V., Makurina O.N., Tutelyan V.A.** Study of the combined effect of genetic polymorphisms rs9939609 of the FTO gene and rs4994 of the ADRD3 gene on the risk of obesity. *Voprosy pitaniia = Problems of Nutrition.* 2016;85(4):29–35. (In Russ.).

12. **Baturin A.K., Sorokina E.I., Pogozheva A.V., Keshabyants E.E., Kobelkova I.V., Kambarov A.O., et al.** A study the association of polymorphisms of the rs993609 fto gene and rs659366 UCP2 gene with obesity in the population of the Arctic zone of the Russian Federation. *Voprosy pitaniia = Problems of Nutrition.* 2017;86(3):32–39. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00042>. (In Russ.).

13. **Zdrojowy-Wełna A., Bednarek-Tupikowska G., Zatońska K., Kolačkov K., JokieliRokita A., Bolanowski M.** The association between FTO gene polymorphism rs9939609 and obesity is sex-specific in the population of PURE study in Poland. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2020;29(1):25–32. <https://doi.org/10.17219/acem/111811>

14. **Xie C., Hua W., Zhao Y., Rui J., Feng J., Chen Y., et al.** The ADRB3 rs4994 polymorphism increases risk of childhood and adolescent overweight/obesity for East Asia’s population: an evidence-based meta-analysis. *Adipocyte.* 2020;9(1):77–86. <https://doi.org/10.1080/21623945.2020.1722549>

15. **Daghestani M.H., Warsy A., Daghestani M.H., Al-Odaib A.N., Eldali A., Al-Eisa N.A., et al.** Arginine 16 glycine polymorphism in  $\beta$ 2-adrenergic receptor gene is associated with obesity, hyperlipidemia, hyperleptinemia, and insulin resistance in Saudis. *Int. J. Endocrinol.* 2012;2012:945608. <https://doi.org/10.1155/2012/945608>

16. **Timasheva Ya.R., Nasibullin T.R., Имаева Э.Б., Mirsayeva G.H., Mustafina O E.** Polymorphism of beta-adrenergic receptor genes and the risk of essential hypertension. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension.* 2015;21(3):259–266. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266> (In Russ.).

17. Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Негашева М.А. Полиморфизм гена рецептора витамина D (VDR) в выборках населения Европейской России и Приуралья. Перм. мед. журн. 2016;XXXIII(5):60–66.

18. Погожева А.В., Сорокина Е.Ю., Сокольников А.А. Ассоциации ожирения с обеспеченностью витамином D в зависимости от полиморфизмов rs2228570 гена VDR и rs9939609 гена FTO у жителей средней полосы и Крайнего Севера. Альманах клинической медицины. 2019;47(2):112–119. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2019-47-015>

19. Jiang L., Chao Zhang C., Zhang Yu, Ma F., Yi Guan Yi. Associations between polymorphisms in VDR gene and the risk of osteoporosis: a meta-analysis. Arch. Physiol. Biochem. 2020 Aug 6:1–8. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1787457>

20. Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Аристархова Т.В., Батурин А.К., Тутельян В.А. Оценка обеспеченности фолиевой кислотой населения Москвы в зависимости от сочетанного влияния полиморфизма генов MTHFR и FTO. Вопросы питания. 2018;87(2):17–23. [https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10014\\_459](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10014_459)

21. Meng Y., Xiaoling Liu, Kai Ma, Lili Zhang, Mao Lu, Minsu Zhao, et al. Association of MTHFR C677T polymorphism and type 2 diabetes mellitus (T2DM) susceptibility. Mol. Genet. Genomic Med. 2019;7(12):e1020. <https://doi.org/10.1002/mgg3.1020>

22. National Center. For Biotechnology Information [Internet]. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency\\_tab](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency_tab)

23. Сорокина Е.Ю., Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Особенности питания спортсменов юношеского спорта в зависимости от полиморфизма генов. В: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием по спортивной науке: «Подготовка спортивного резерва». М.: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта; 2020, с. 450–459.

17. Kozlov A.I., Vershubskaya G.G., Negasheva M.A. Polymorphism of the vitamin D receptor gene (VDR) in samples of the population of European Russia and the Urals. Permskii meditsinskii zhurnal = Perm Medical Journal. 2016;XXXIII(5):60–66. (In Russ.).

18. Pogozheva A.V., Sorokina E.Yu., Sokolnikov A.A. Associations of obesity with vitamin D availability depending on polymorphisms rs2228570 of the VDR gene and rs9939609 of the FTO gene in residents of the Middle zone and the Far North. Almanakh klinicheskoi meditsiny = Almanac of Clinical Medicine. 2019;47(2):112–119. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2019-47-015>. (In Russ.).

19. Jiang L., Chao Zhang C., Zhang Yu, Ma F., Yi Guan Yi. Associations between polymorphisms in VDR gene and the risk of osteoporosis: a meta-analysis. Arch. Physiol. Biochem. 2020 Aug 6:1–8. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1787457>

20. Sorokina E.Yu., Pogozheva A.V., Aristarkhova T.V., Baturin A.K., Tutelyan V.A. Assessment of folic acid availability in the Moscow population depending on the combined effect of MTHFR and FTO gene polymorphism. Voprosy pitaniia = Problems of Nutrition. 2018;87(2):17–23. [https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10014\\_459](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10014_459). (In Russ.).

21. Meng Y., Xiaoling Liu, Kai Ma, Lili Zhang, Mao Lu, Minsu Zhao, et al. Association of MTHFR C677T polymorphism and type 2 diabetes mellitus (T2DM) susceptibility. Mol. Genet. Genomic Med. 2019;7(12):e1020. <https://doi.org/10.1002/mgg3.1020>

22. National Center. For Biotechnology Information [Internet]. Available at: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency\\_tab](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency_tab)

23. Sorokina E.Yu., Denisova N.N., Keshabyants E.E. Nutrition features of youth sports athletes depending on gene polymorphism. In: Materials of the IV All-Russian scientific and practical Conference with international participation in sports science: “Preparation of the sports reserve”. Moscow: State Treasury Institution of the City of Moscow “Center for Sports Innovative Technologies and Training of National Teams” of the Moscow Department of Sports; 2020, pp. 450–459. (In Russ.).

#### Информация об авторах:

Сорокина Елена Юрьевна, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6530-6233>

Погожева Алла Владимировна\*, д.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4619-291X> (+7 (916) 884-23-15; [allapogozheva@yandex.ru](mailto:allapogozheva@yandex.ru))

Никитюк Дмитрий Борисович, д.м.н., чл.-корр. РАН, профессор, директор ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-4517>

#### Information about the authors:

Elena Yu. Sorokina, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading researcher of the Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-dependent Diseases of the Federal Researcher Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinski travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6530-6233>

Alla V. Pogozheva\*, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinski travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4619-291X> (+7 (916) 884-23-15; [allapogozheva@yandex.ru](mailto:allapogozheva@yandex.ru))

Dmitriy B. Nikityuk, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinski travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-4517>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.6>

УДК 616.9

Тип статьи: Краткие сообщения / Brief Reports



## Этапы возвращения к спортивной нагрузке после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19

М.Н. Величко, А.М. Белякова\*, Е.О. Храброва, А.С. Самойлов, Н.В. Рылова, А.А. Хан

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

### РЕЗЮМЕ

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 затронула многих людей всех возрастов и профессий, в том числе и профессиональных спортсменов. В связи с возобновлением проведения различных спортивных мероприятий возникла необходимость в создании критериев допуска спортсмена к тренировочному и соревновательному процессу. В журнале *British Journal of Sports Medicine (BJSM)* от 8 февраля 2021 г. авторами Niall Elliott, Rhodri Martin, Neil Heron, Jonathan Elliott, Dan Grimstead и Anita Biswas была опубликована инфографика этапов возвращения к спортивной нагрузке после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19. Коллективом авторов был сделан адаптированный перевод и представлен в виде краткого сообщения для публикации.

**Ключевые слова:** профессиональный спортсмен, инфекция, спортивный врач, реабилитация

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

**Для цитирования:** Величко М.Н., Белякова А.М., Храброва Е.О., Самойлов А.С., Рылова Н.В., Хан А.А. Этапы возвращения к спортивной нагрузке после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):34–37. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.6>

Поступила в редакцию: 24.03.2021

Принята к публикации: 15.06.2021

Online first: 30.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Graduated return to play guidance following COVID-19 infection

Maxim N. Velichko, Anna M. Belyakova\*, Ekaterina O. Hrabrova, Alexander S. Samoylov, Natalya V. Rylova, Alexey V. Khan

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has affected all inhabitants of the planet, of all ages and professions, including professional athletes. In connection with the resumption of various sports events, it became necessary to create criteria for admitting an athlete to the training and competitive process. In the *British Journal of Sports Medicine (BJSM)* on February 08, 2021 the authors Niall Elliott, Rhodri Martin, Neil Heron, Jonathan Elliott, Dan Grimstead and Anita Biswas published an infographic of the stages of returning to sports activity after suffering COVID-19. An adapted translation was made by a team of authors and provided in the form of a short message for publication.

**Keywords:** elite performance, infection, physician, rehabilitation

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

**For citation:** Velichko M.N., Belyakova A.M., Hrabrova E.O., Samoylov A.S., Rylova N.V., Khan A.V. Graduated return to play guidance following COVID-19 infection. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):34–37 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.6>

Received: 24 March 2021

Accepted: 15 June 2021

Online first: 30 July 2021

Published: 10 August 2021

\* Corresponding author

### 1. Коронавирусная инфекция COVID-19 и спортивные нагрузки

Учитывая возможность возникновения сердечно-сосудистых, почечных, легочных и гематологических осложнений [1–5], рекомендуется постепенное и поэтапное возвращение к тренировочному процессу, принимая во внимание физические и психологические факторы после перенесенной инфекции COVID-19.

### 2. Сфера применения

Данное руководство отвечает основным принципам здравоохранения, предназначено для практикующих врачей и применимо к спортсменам, перенесшим коронавирусную инфекцию легкой или средней степени тяжести. Те спортсмены, кому потребовалась госпитализация, нуждаются в дополнительной оценке.

### 3. Клиническое руководство при коронавирусной инфекции COVID-19

Если у спортсмена развивается заболевание с симптомами коронавирусной инфекции COVID-19 (рис. 1), то он должен следовать национальным рекомендациям, проконсультироваться с врачом сборной, соблюдать карантин, провести тестирование и находиться под врачебным контролем.

Необходимо придерживаться сбалансированной диеты, употреблять достаточное количество жидкости и при сохранении или ухудшении симптоматики более 7 дней повторно обратиться за медицинской помощью.

Нахождение на карантине при проживании с другими людьми требует определенных мер безопасности: изоляция в помещениях, недоступных для других, использование отдельной уборной, поддержание запасов продовольствия и воды, регулярная стирка грязного белья и одежды.

### 4. Этапы возвращения к спортивной нагрузке

Руководство, представленное на рисунке 2, позволяет постепенно вводить физическую активность и занятия спортом.

Важно:

· Прежде чем приступить к возвращению к спортивной нагрузке, спортсмен должен быть в состоянии

осуществлять бытовую активность и пройти 500 метров без утомления или одышки.

· Перед возобновлением активности необходим 10-дневный период отдыха и отсутствие какой-либо симптоматики минимум 7 дней.

· Представители менее интенсивных с точки зрения аэробной нагрузки видов спорта, такие как гольфисты, могут восстановиться быстрее. Опыт показывает, что некоторым спортсменам на восстановление требуется более 3 недель.

Факторы, которые полезно учитывать:

- ЧСС в покое;
- субъективная оценка физической нагрузки;
- оценка качества сна, напряженности, утомляемости, мышечной боли;
- оценка психологической и физиологической готовности к возвращению к спортивной нагрузке.

При возникновении каких-либо симптомов (включая чрезмерную утомляемость) спортсмен должен вернуться на предыдущий этап и возобновить физическую активность как минимум после 24-часового периода отдыха от исчезновения данной симптоматики.

### 5. Спортсмены с хроническими заболеваниями

Спортсмены, перенесшие коронавирусную инфекцию COVID-19 и имеющие хронические заболевания, такие как сахарный диабет, болезни сердечно-сосудистой системы и почек, должны пройти медицинское обследование перед тем, как приступить к этапам возвращения к спортивной нагрузке.

### 6. Дополнительные исследования

При длительно текущей или осложненной коронавирусной инфекции COVID-19 спортсмену следует провести дополнительные исследования, включая:

- анализ крови на маркеры воспаления (высокочувствительный тропонин, мозговой натрийуретический пептид, С-реактивный белок) [3, 4];
- обследование сердечно-сосудистой системы (ЭКГ в 12 отведениях, эхокардиография, тест толерантности к физической нагрузке, МРТ сердца) [3, 4];
- оценка дыхательной функции (спирометрия);
- исследование функции почек;
- гематологический мониторинг.

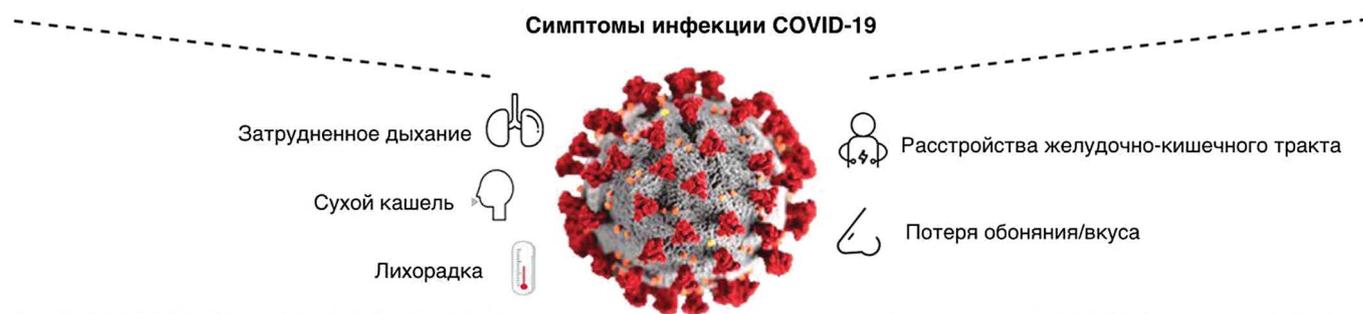


Рис. 1. Симптомы COVID-19  
Fig. 1. COVID-19 symptoms

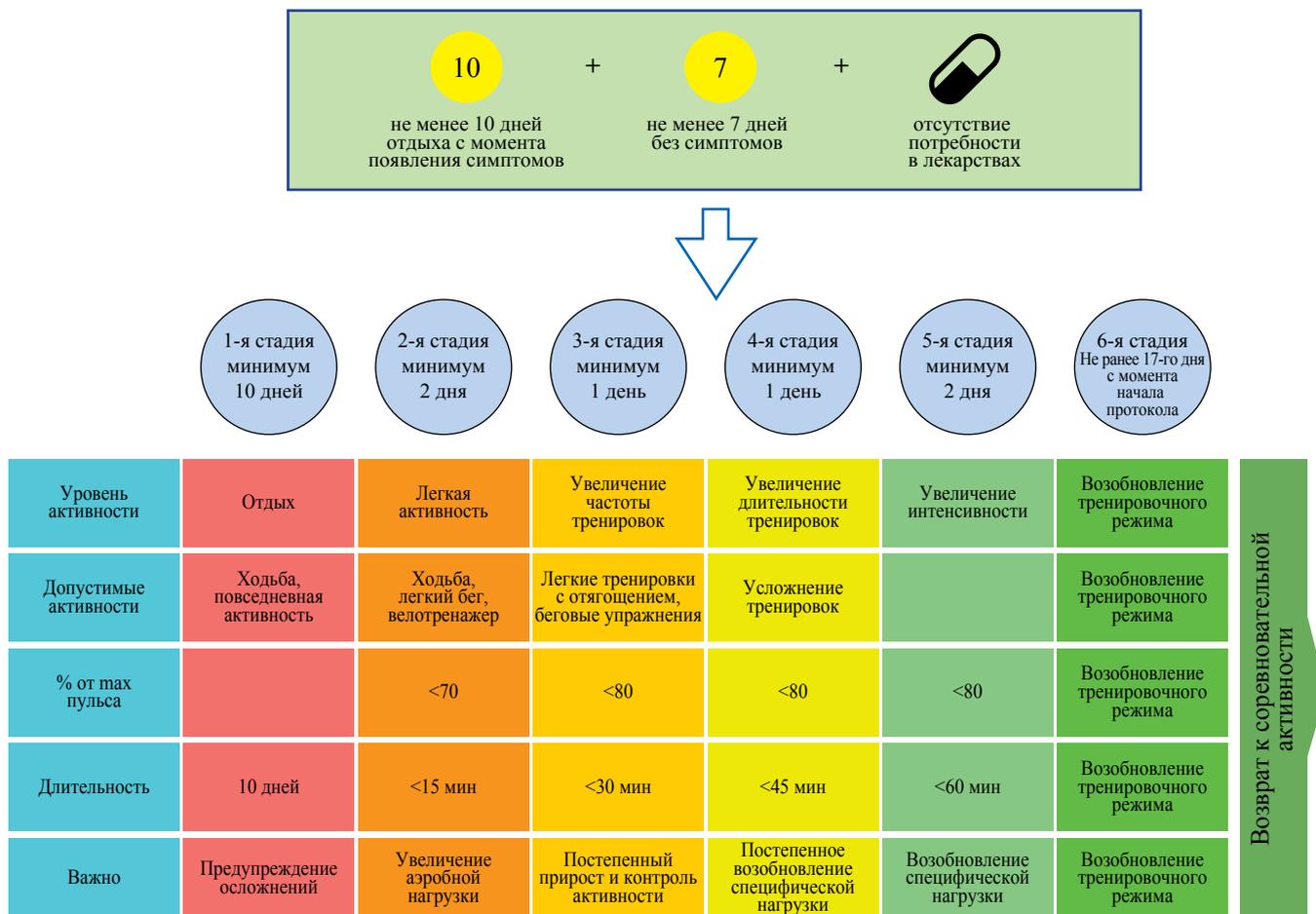


Рис. 2. Этапы возвращения к спортивной нагрузке после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19

Fig. 2. Graduated return to play guidance following COVID-19 infection

**Вклад авторов:**

**Величко Максим Николаевич** — написание текста статьи, редактирование.

**Белякова Анна Михайловна** — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

**Храброва Екатерина Олеговна** — сбор и обработка материала, написание текста статьи.

**Рылова Наталья Викторовна** — написание текста статьи, редактирование.

**Самойлов Александр Сергеевич** — редактирование.

**Хан Алексей Викторович** — написание текста статьи, редактирование.

**Authors' contributions:**

**Maxim N. Velichko** — manuscript preparation, editing.

**Anna M. Belyakova** — collection and processing of the material, manuscript preparation.

**Ekaterina O. Hrabrova** — collection and processing of the material, manuscript preparation, editing.

**Natalya V. Rylova** — manuscript preparation, editing.

**Alexander S. Samoylov** — editing.

**Alexey V. Khan** — manuscript preparation, editing.

**References**

1. British thoracic Society. Guidance on venous thromboembolic disease in patients with COVID-19 [Internet]. Available at: <https://www.brit-thoracic.org.uk/covid-19/covid-19-information-for-the-respiratory-community/>
2. Perico L., Benigni A., Remuzzi G. Should COVID-19 concern nephrologists? why and to what extent? the emerging impasse of angiotensin blockade. *Nephron*. 2020;144(5):213–221. <https://doi.org/10.1159/000507305>
3. Bhatia R.T., Marwaha S., Malhotra A., Iqbal Z., Hughes C., Börjesson M., et al. Exercise in the Severe Acute Respiratory

Syndrome Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) era: A Question and Answer session with the experts Endorsed by the section of Sports Cardiology & Exercise of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2020;27(12):1242–1251. <https://doi.org/10.1177/2047487320930596>

4. Baggish A., Drezner J., Kim J., Martinez M., Prutkin J.M. The resurgence of sport in the wake of COVID-19: cardiac considerations in competitive athletes. *Br. J. Sports Med.* 2020;54(19):1130–1131. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102516>
5. Hull J., Loosemore M., Schweltnus M. Respiratory health in athletes; facing the COVID-19 challenge. *Lancet Respir. Med.* 2020;8(6):557–558. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30175-2](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30175-2)

**Информация об авторах:**

**Величко Максим Николаевич**, заведующий отделением спортивной травматологии и спортивной медицины ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857> (maxveldoc@yandex.ru)

**Белякова Анна Михайловна\***, к.м.н., врач по спортивной медицине, научный сотрудник Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578> (md.belyakova@gmail.com)

**Храброва Екатерина Олеговна**, клинический ординатор 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, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. (karlo\_med@mail.ru)

**Рылова Наталья Викторовна**, д.м.н., профессор, заведующая лабораторией спортивной нутрициологии Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Живописная, 46, стр. 8. (nrilova@fmbcfmba.ru)

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

**Хан Алексей Викторович**, руководитель Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. (fekla-79@mail.ru)

**Information about the authors:**

**Maxim N. Velichko**, Head of the Department of Sports Traumatology and Sports Medicine of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857> (maxveldoc@yandex.ru)

**Anna M. Belyakova\***, M.D., Ph.D. (Medicine), Research Officer of the Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578> (md.belyakova@gmail.com)

**Ekaterina O. Hrabrova**, Clinical Resident 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, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. (karlo\_med@mail.ru)

**Natalya V. Rylova**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Laboratory of Sports Nutrition of the Center Sports Medicine and Rehabilitation of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46, bld. 8, Zhivopisnaya str., Moscow, 123098, Russia. (nrilova@fmbcfmba.ru)

**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, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> (fmbc@fmbsa.ru)

**Alexey V. Khan**, Head of the Center of Sports Medicine and Rehabilitation of A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. (fekla-79@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.4>

УДК 612.75

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Возможности мануальной общей лимфодренажной коррекции в комплексной терапии миофасциального болевого синдрома у спортсменов

А.С. Могельницкий<sup>1,\*</sup>, О.А. Чурганов<sup>1</sup>, А.Г. Щуров<sup>1</sup>, А.А. Яковлев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены принципы общей мануальной лимфодренажной коррекции и проведена оценка эффективности ее использования в комплексной терапии восстановительной реабилитации спортсменов с миофасциальным болевым синдромом (МФБС).

**Цель исследования:** оценить эффективность использования мануального общего лимфатического дренажа в комплексном лечении спортсменов с МФБС.

**Материалы и методы:** были обследованы 30 спортсменов команд регби. Все спортсмены основной группы получали физиотерапевтическое лечение, общий лимфодренажный массаж. Пациенты контрольной группы получали те же процедуры и общий массаж без лимфатического дренажа. Курс лечения состоял из 6 процедур.

**Результаты:** тензоалгометрические показатели у спортсменов основной группы после лимфодренажной коррекции возросли более чем в 5 раз, а у пациентов контрольной группы — снизились.

**Заключение:** применение мануального лимфатического дренажа способствует активному восстановлению миотатического рефлекса фазических мышц и регрессу болевого синдрома у спортсменов.

**Ключевые слова:** спортсмены, реабилитация, мануальная лимфодренажная коррекция, миофасциальный болевой синдром

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

**Для цитирования:** Могельницкий А.С., Чурганов О.А., Щуров А.Г., Яковлев А.А. Возможности мануальной общей лимфодренажной коррекции в комплексной терапии миофасциального болевого синдрома у спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):38–44. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.4>

Поступила в редакцию: 28.02.2021

Принята к публикации: 29.05.2021

Online first: 01.08.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Possibilities of general manual lymphatic drainage correction as a part of complex therapy of myofascial pain syndrome in athletes

Alexander S. Mogelnitskiy<sup>1,\*</sup>, Oleg A. Churganov<sup>1</sup>, Alexey G. Shchurov<sup>1</sup>, Alexey A. Yakovlev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

### ABSTRACT

The article describes the general principles of manual lymphatic drainage correction. The authors evaluated the effectiveness of its application in the complex therapy of recreational rehabilitation of athletes with myofascial pain syndrome (MPS).

**Objective:** to evaluate the effectiveness of general manual lymphatic drainage correction in the treatment of athletes with MPS.

**Materials and Methods:** a total of 30 rugby players were examined. All athletes from the main group received physiotherapy, general lymphatic drainage massage. Patients from the control group underwent the same procedures and general massage without lymphatic drainage correction. The course of therapy included 6 procedures.

**Results:** tensoalgotometric parameter values in athletes from the main group increased by more than 5 times after lymphatic drainage correction. In sportsmen from the control group, these parameter values decreased.

**Conclusion:** the application of manual lymphatic drainage contributes to the active restoration of myotatic reflex of physical muscles and regress of pain syndrome in athletes.

**Keywords:** athletes, rehabilitation, manual lymphatic drainage correction, myofascial pain syndrome

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

**For citation:** Mogelnitskiy A.S., Churganov O.A., Shchurov A.G., Yakovlev A.A. Possibilities of general manual lymphatic drainage correction as a part of complex therapy of myofascial pain syndrome in athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):38–44 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.4>

**Received:** 28 February 2021

**Accepted:** 29 May 2021

**Online first:** 1 August 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Известно, что лимфатическая система способна обеспечивать баланс жидкостей и постоянство внутренней среды организма, питание организма путем всасывания из просвета кишечника и транспорта крупномолекулярных соединений, а также удалять из тканей токсические продукты жизнедеятельности клеток и обеспечивать организм иммунной защитой [1, 2]. Дисфункции лимфатической системы в спортивной деятельности обычно маскируются под симптоматику астеновегетативного синдрома и заключаются в снижении памяти, внимания, нарушении сна, повышенной утомляемости, раздражительности, периодическом обострении суставного и миофасциального синдромов. Данные нарушения встречаются очень часто у спортсменов независимо от вида спорта, кроме того, после 30 лет частота выявления вышеописанных симптомов существенно возрастает [3, 4].

Мышечно-фасциальный болевой синдром (МФБС), который в спорте относится к числу наиболее распространенных болевых синдромов, напрямую зависит от нарушения функционирования системы лимфатического дренирования и возникает не только вследствие острых травм, но и в процессе тренировок и соревнований [5, 6]. МФБС, как правило, является отражением первичной дисфункции миофасциальных тканей и обычно развивается на фоне рефлекторных мышечно-тонических синдромов, осложняя их [6, 7]. Наиболее частая локализация мышечно-тонических синдромов: трапециевидные, лестничные, ромбовидные, грушевидные, средние ягодичные и паравертебральные мышцы [8]. С нарушением дренажной функции лимфатической системы связаны болевые синдромы самой разнообразной локализации, но обычно это плечевой пояс, паравертебральная область, крестцово-подвздошные сочленения (КПС). МФБС сопровождается гипореактивностью большого количества мышц и флекссионным «выдоховым» положением тела, при котором еще больше сдавливаются лимфатические сосуды и коллекторы [4, 9, 10].

Нарушения дренажной функции лимфатической системы сопровождают все воспалительные тканевые процессы, участвуют в формировании метаболического и психосоматического синдромов и обычно проявляются на региональном или глобальном уровнях

соматической дисфункции. Но наиболее часто при лимфатическом застое страдают периферические участки тела, зоны тазовой, дыхательной диафрагм и основания черепа [4].

В спортивной медицине для мануального лечения пациентов с миофасциальным болевым синдромом в первую очередь применяются различные массажные приемы, техники мануальной терапии и рефлексотерапии [5]. Так как лимфатическая система является пассивной системой, мануальное лечение имеет большое преимущество, увеличивая мобильность тканей и уменьшая миофасциальную рестрикцию, способствует повышению абсорбции жидкостей, усилению кровообращения и дыхания, снижению протеинов в интерстиции и достижению сбалансированного рН тканей, а также может применяться для коррекции периферических отеков после травм [11–14]. Известно об эффективности аппаратного лимфодренажа у спортсменов-велосипедистов [15] и локального лимфодренажного мануального массажа паховой области у спортсменов-лыжников [16].

В доступной литературе отсутствуют данные о применении общей мануальной лимфодренажной коррекции, особенно при развитии у спортсменов болевого синдрома миофасциальной этиологии. При этом врачи спортивной медицины и реабилитологи в своей практике не используют классические мануальные приемы общего лимфодренажа и фасциальной коррекции или применяют их неправильно [4, 10]. Тем не менее общий мануальный лимфодренажный массаж позволяет не только сбалансировать тканевый обмен капилляров и проводников, увеличить объем потока лимфы, но и синхронизировать микро- и макроподвижность тканей всего организма путем активации нейродинамических процессов, что должно снизить активность болевых рецепторов и проявление миофасциального болевого синдрома. Таким образом, использование мануальных методов восстановления функции лимфатической системы является актуальным направлением в реабилитационной и спортивной кинезиологической практике.

**Целью** настоящего исследования явилась оценка эффективности использования мануального общего лимфатического дренажа в комплексном лечении спортсменов с МФБС.

## 2. Материалы и методы

Были обследованы 30 спортсменов команд регби — мужчины и женщины в возрасте 18–32 года с МФБС различной локализации и длительностью от 1 до 3 месяцев. Весь контингент был разделен на 2 группы случайным методом (случай-контроль): основную и контрольную по 15 человек в каждой.

Объективно у всех спортсменов выявлялись функциональные нарушения мышечного тонуса и признаки пострального дисбаланса с осевыми деформациями контуров тела различной степени выраженности.

Для оценки болевого синдрома, его качественных и количественных характеристик использовали визуальную аналоговую шкалу (ВАШ), интенсивность болевого синдрома оценивали по 10-балльной шкале (0 — отсутствие боли, 10 — нестерпимая боль), и русифицированный опросник о характере боли Мак-Гилла (McGill Pain Questionnaire, MPQ) в модификации В.В. Кузьменко [17]. Анкеты заполнялись при первичном осмотре и после окончания каждой процедуры массажа. Для оценки подвижности тканей, состояния тонуса, локального напряжения и болезненности проводили кинестетическую диагностику методом послойной пальпации [6, 18]. МФБС диагностировали по наличию и выраженности локального болезненного участка тканей и уплотнений мышечных волокон в виде тяжа, на основании связи возникновения болей с физической нагрузкой, выявления активных и латентных триггерных точек при пальпации тяжа с получением характерной болевой и вегетативной реакции при надавливании — возникновение спазма мышечного пучка исследуемой мышцы при поперечной пальпации [19]. Для анализа лимфодинамических нарушений применялась методика послойной пальпации тканей [20].

Всем пациентам проводилось мануальное мышечное тестирование (ММТ) состоятельности миотатического

рефлекса [8]. В обеих группах было диагностировано большое количество гипореактивных мышц — агонистов движения паттерна походки, причиной гипотонии были миофасциальные тканевые ограничения и многочисленные триггерные зоны в мышцах и их сухожилиях. Скрытую триггерную и фасциальную дисфункцию выявляли в мышце, если ее тонус снижался после кратковременного сокращения и растяжения.

Исследование лимфодренажной функции региона нижних конечностей и таза проводилось в положении пациента лежа на спине при пассивном приподнимании одной или обеих ног до угла около 60° и удерживании их в этом положении в течение 30 с (рис. 1А). При этом создается увеличение лимфодренажной нагрузки на систему цистерны Пике и грудного лимфатического протока. Исследование лимфодренажной функции региона головы и шеи проводилось в положении пациента лежа на спине при пассивном максимальном сгибании головы и шеи и удерживании их в этом положении в течение 30 с (рис. 1Б).

После этих провокаций сразу исследовалась реактивность прямой мышцы бедра с помощью ММТ. Если ММТ этой мышцы показывало снижение ее тонуса, тест считался положительным, что свидетельствовало о субклиническом нарушении лимфодренажной функции. Дополнительно проводилась диагностическая провокация уменьшением фасциальной нагрузки на грудной лимфатический проток, что достигалось растяжением малой грудной мышцы. Если ослабленная на предыдущем этапе мышца опять становилась нормореактивной, это подтверждало вывод о субклинической дисфункции лимфатической системы. Дополнительно проводилась диагностическая провокация увеличением нагрузки на грудной лимфатический проток в положении флексии туловища в фазу респираторного выдоха. Если при этом нормореактивная мышца показывала функциональную



Рис. 1. Диагностика лимфодренажной функции региона нижней конечности и таза (А) и региона головы и шеи (Б)  
Fig. 1. Diagnostics of the lymphatic drainage function of the lower limb and pelvis (A) and head and neck (B) regions

слабость, это также свидетельствовало о субклиническом нарушении лимфодренажной функции [3].

Всем пациентам и основной, и контрольной групп проводилось определение уровня боли с использованием тензоалгометра (патент RU 24785U1 от 2002 г.) на трех участках тела: зоне икроножных мышц, бедер и пояснично-крестцового региона. Полученные результаты находились в диапазоне от 3,82 до 12,7 г/мм<sup>2</sup> у основной и контрольной групп, что соответствовало высокому уровню болевых ощущений и мышечного тонуса. Результаты применения общей лимфодренажной коррекции оценивались по субъективной оценочной шкале Macnab [21].

Все спортсмены основной группы получали физиотерапевтическое лечение (ФТЛ) в виде аппаратной магнитотерапии и мануальный общий лимфодренажный массаж 2 раза в неделю длительностью 45 мин. Пациенты контрольной группы получали те же процедуры ФТЛ и общий массаж также длительностью 45 мин. 2 раза в неделю без лимфатического дренажа. Курс лечения в обеих группах состоял из 6 процедур.

Все манипуляции на лимфатической системе выполнялись в положении лежа на спине или животе и условно делились на два этапа: подготовительный и основной. На подготовительном этапе выполнялись техники, устраняющие ограничения лимфатическому току: освобождение верхней грудной апертуры (ключицы, мышц шеи, позвонков С7–Тн1, 1-го ребра, купола плевры и ее связок), нижних ребер, дыхательной и тазовой диафрагм. На основном этапе применялись техники, увеличивающие поток лимфатической жидкости: подъем ребер, грудная тракция, региональный и локальный эфлюораж с лимфодренажным массажем, который заключался в чередовании отжимающих, помпажных, вибрационных, скручивающих мануальных воздействий сначала на центральные зоны лимфатического оттока, затем смещение к периферическим тканям и возвратное движение в центростремительном направлении [3, 20]. Длительность подготовительного и основного этапа

зависела от выраженности болевого фасциального синдрома и реакции спортсмена: чем сильнее были болевые проявления, тем дольше проводился подготовительный этап.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Все пациенты основной группы оценили результат лечения как отличный и хороший, пациенты контрольной группы — как удовлетворительный.

У 13 пациентов основной группы уже после 2–3-й процедуры наступило полное восстановление физической активности без объективной неврологической симптоматики с восстановлением миотатического рефлекса всех мышечных групп и нормализацией мышечного тонуса всех выявленных ранее гипореактивных мышц. У 2 пациентов результат лечения оценен как удовлетворительный, при этом у них сохранялись непостоянные незначительные болевые ощущения при физической нагрузке.

У пациентов контрольной группы практически все мышцы продолжали оставаться гипореактивными, у 3 пациентов восстановление миотатического рефлекса произошло только после 6 процедур массажа и ФТЛ.

Результаты тензоалгометрии оценивались на сопоставлении полученных данных до и после процедур. Статистическая обработка была выполнена с использованием программы SPSS Statistics. Для сопоставления исследуемых параметров до и после лечения использовали сравнение двух зависимых (связанных) групп (критерий U-Вилкоксона — Манна — Уитни). Достоверными считались различия при  $p < 0,05$ .

Результаты тензоалгометрии показали отчетливое увеличение порога болевого восприятия у спортсменов основной группы и незначительное — у пациентов контрольной группы (табл. 1).

Тензоалгометрические показатели области икроножных мышц у спортсменов основной группы после процедур лимфодренажной коррекции возросли почти в 5 раз, а у лиц контрольной группы — в 2 раза (рис. 2).

Таблица 1

Результаты тензоалгометрии у пациентов основной и контрольной групп до и после лечения ( $p < 0,05$ )

Table 1

Tensoalgotometry results in patients from the main and control groups before and after the treatment ( $p < 0.05$ )

Результат тензоалгометрии (г/мм <sup>2</sup> ) / Tensoalgotometric parameter values (g/mm <sup>2</sup> )	До лечения / Before the treatment			После лечения / After the treatment		
	икроножная мышца / calf muscle	3-главая мышца бедра / triceps femoris	область крестцо- во-подвздошного сустава / sacroiliac joint area	икроножная мышца / calf muscle	3-главая мышца бедра / triceps femoris	область крестцо- во-подвздошного сустава / sacroiliac joint area
Основная группа / Main group	3,8 ± 0,2	12,7 ± 1,5	7,6 ± 2,1	31,8 ± 6,4	19,1 ± 3,3	50,9 ± 6,9
Контрольная группа / Control group	5,1 ± 0,7	11,5 ± 2,2	8,9 ± 2,4	11,5 ± 2,5	14,0 ± 2,8	7,6 ± 1,9

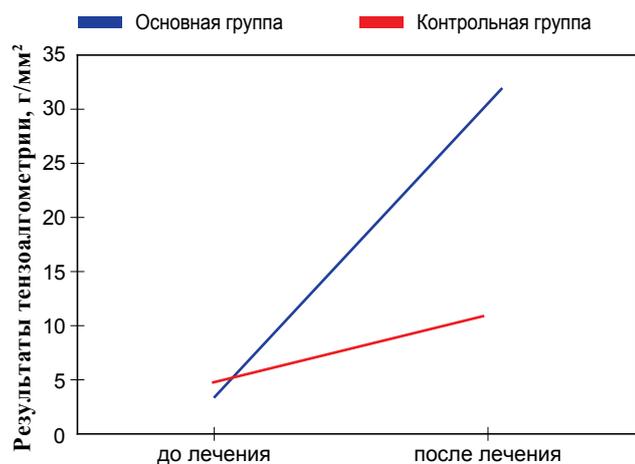


Рис. 2. Результаты тензоалгометрии ( $\text{г/мм}^2$ ) области икроножных мышц у пациентов основной и контрольной групп до и после лимфодренажной коррекции (средние значения)

Fig. 2. Tensoalgotometry results ( $\text{g/mm}^2$ ) obtained in the region of gastrocnemius muscles in patients from the main and control group before and after lymphatic drainage correction (mean values)

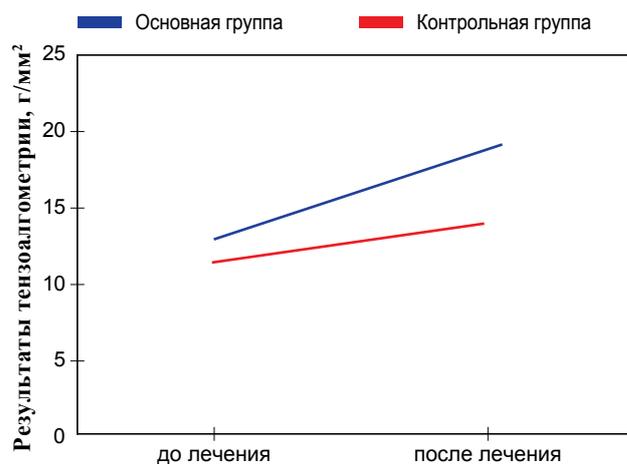


Рис. 3. Результаты тензоалгометрии ( $\text{г/мм}^2$ ) области трехглавых мышц бедра у пациентов основной и контрольной групп до и после лимфодренажной коррекции (средние значения)

Fig. 3. Tensoalgotometry results ( $\text{g/mm}^2$ ) obtained in the region of the triceps of the leg in patients from the main and control group before and after lymphatic drainage correction (mean values)

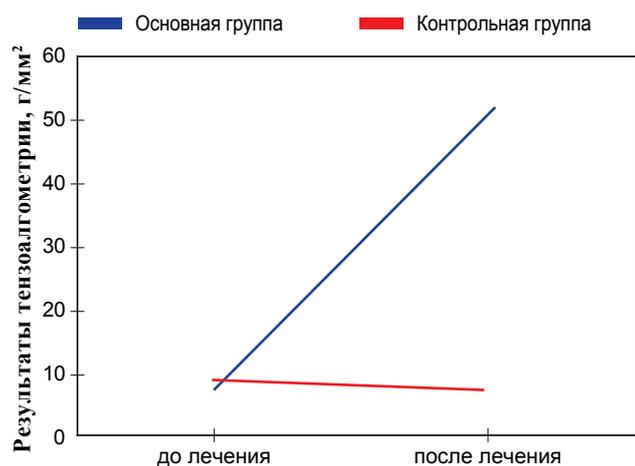


Рис. 4. Результаты тензоалгометрии ( $\text{г/мм}^2$ ) области КПС у пациентов основной и контрольной групп до и после лимфодренажной коррекции (средние значения)

Fig. 4. Tensoalgotometry results ( $\text{g/mm}^2$ ) obtained in the region of the sacroiliac joint in the main and control group before and after lymphatic drainage correction (mean values)

Результаты тензоалгометрии области трехглавых мышц бедра у спортсменов основной группы после коррекции возросли в 1,5 раза, а у спортсменов контрольной группы — лишь незначительно (рис. 3).

Тензоалгометрические показатели области КПС у спортсменов основной группы после процедур лимфодренажной коррекции возросли более чем в 5 раз, а у пациентов контрольной группы — снизились с  $8,9 \pm 2,4$  до  $7,6 \pm 1,9 \text{ г/мм}^2$  (рис. 4).

Это объясняется, вероятнее всего, более значимым воздействием проведенной общей лимфодренажной коррекции на органы тазовой и брюшной полости, тазовую и дыхательную диафрагмы, которые обладают

кумулятивным эффектом, собирая лимфу от нижележащих периферических тканей и способствуя ее ретроградному перемещению к системе грудного лимфатического протока.

#### Заключение

Применение общей мануальной лимфодренажной коррекции способствует активизации деятельности периферической гемодинамики, нормализует сопротивление сосудов и кровотоков в области дистальных и проксимальных сегментов нижних конечностей, особенно эффективно воздействуя на область тазового региона. Общая лимфодренажная коррекция улучшает функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и периферической гемодинамики спортсменов, что выражается в повышении порога болевых ощущений и рекомендуется к применению в процессе подготовки спортсменов как эффективное средство оптимизации процессов восстановления после любой травмы и соматической дисфункции, что повысит соревновательную готовность и послужит надежным механизмом профилактики спортивного травматизма. Предлагаемый комплекс лечения имеет саногенетическую направленность, что позволяет применять его как с лечебной, так и с профилактической целью, и поэтому показан практически всем спортсменам с целью первичной профилактики. Процедура лимфатического дренажа не требует специального оборудования и может быть выполнена в условиях спортивных соревнований на объектах спорта и в процессе реабилитации спортсменов.

#### 4. Выводы

Применение мануального лимфатического дренажа способствует активному восстановлению мио-татического рефлекса фазических мышц и регрессу

болевого синдрома у спортсменов. В процессе процедур лимфодренажной коррекции происходит прогрессирующее снижение чувствительности болевых рецепторов и повышение порога восприятия боли. Наиболее отчетливое повышение болевого порога

**Вклад авторов:**

**Могельницкий Александр Сергеевич** — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала.

**Чурганов Олег Анатольевич** — написание текста статьи, редактирование.

**Щуров Алексей Григорьевич** — написание текста статьи, редактирование.

**Яковлев Алексей Александрович** — написание текста статьи, статистическая обработка данных.

**Список литературы**

1. Measel J.W. Jr. The effect of the lymphatic pump on the immune response: I. Preliminary studies on the antibody response to pneumococcal polysaccharide assayed by bacterial agglutination and passive hemagglutination. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 1982;82(1)28–31.
2. Measel J.W., Kafity A.A. The effect of the lymphatic pump on the B and T cells in peripheral blood [abstract]. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 1986;86:608.
3. Могельницкий А.С., Ким Е.В. Дисфункции лимфатической системы и методы их коррекции. Москва: Издательские решения; 2020. 110 с.
4. Устинов А.В., Лебедев Д.С. Лимфатическая система в остеопатической концепции: представления, исследования, теория и практика. *Российский остеопатический журнал.* 2015;(3-4):114–126.
5. Ачкасов Е.Е., Благова Н.Н., Гансбургский А.Н., Гансбургский М.А., Коромыслов А.В., Лебедев А.В., Маргазин В.А., и др. Клинические аспекты спортивной медицины. М.: СпецЛит; 2014. 455 с.
6. Иваничев Г.А. Миофасциальная боль. Казань; 2007. 392 с.
7. Тревелл Дж., Симонс Д. Миофасциальные боли. М.: Медицина; 1989, с. 15–18.
8. Могельницкий А.С. Мышечное тестирование в спорте. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова; 2016. 128 с.
9. Васильева Л.Ф., Могельницкий А.С., Львов С.И. Патобиомеханика мышечно-скелетной системы. Кинезиологическая диагностика и коррекция. М.: Изд-во РГМУ; 2010. 92 с.
10. Устинов А.В., Лебедев Д.С. Лимфатическая система в остеопатической концепции: представления, исследования, теория и практика. Часть II. *Российский остеопатический журнал.* 2016;(1-2):112–121.
11. Dery M.A., Yonuschot G., Winterson B.J. The effects of manually applied intermittent pulsation pressure to ventral thorax on lymph transport. *Lymphology.* 2000;33(2):58–61.
12. Eliska O., Eliskova M. Are peripheral lymphatics damaged by high pressure manual massage? *Lymphology.* 1995;28(1):21–30.
13. Härén K., Backman C., Wiberg M. Effect of manual lymph drainage on oedema of the hand after fracture of the distal radius: A prospective clinical study. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand. Surg.* 2000;34(4):367–372. <https://doi.org/10.1080/028443100750059165>
14. Knott M., Tune J.D., Stoll S.T., Downey H.F. Lymphatic pump treatments increase thoracic duct flow. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 2005;105:447–456.

после процедур лимфодренажа происходит в области крестцово-подвздошного сустава, что, вероятнее всего, объясняется региональным и глобальным эффектом процедур лимфодренажа на ткани тазовой и дыхательной диафрагм.

**Authors' contributions:**

**Alexander S. Mogelnitskiy** — study design and concept, collection and processing of the material.

**Oleg A. Churganov** — manuscript preparation, editing.

**Alexey G. Shchurov** — manuscript preparation, editing.

**Alexey A. Yakovlev** — manuscript preparation, statistical processing of the data.

**References**

1. Measel J.W. Jr. The effect of the lymphatic pump on the immune response: I. Preliminary studies on the antibody response to pneumococcal polysaccharide assayed by bacterial agglutination and passive hemagglutination. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 1982;82(1)28–31.
2. Measel J.W., Kafity A.A. The effect of the lymphatic pump on the B and T cells in peripheral blood [abstract]. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 1986;86:608.
3. Mogelnitskii A.S., Kim E.V. Dysfunctions of the lymphatic system and methods of their correction. Moscow: Izdatel'skie resheniya Publ.; 2020. 92 p. (In Russ.).
4. Ustinov A., Lebedev D. Lymphatic System in Osteopathic Conception: Beliefs, Studies, Theory and Practice. Part I. *Russian Osteopathic Journal.* 2015;(3-4):114–126. (In Russ.)
5. Achkasov E.E., Blagova N.N., Gansburgskii A.N., Gansburgskii M.A., Koromyslov A.V., Lebedev A.V., Margazin V.A., et al. Clinical aspects of sports medicine. Moscow: SpetsLit Publ.; 2014. 455 p. (In Russ.).
6. Ivanichev G.A. Myofascial pain. Kazan; 2007. 392 p. (In Russ.).
7. Trevell J., Simons D. Myofascial pains. Moscow: Meditsina Publ.; 1989, p. 15–18. (In Russ.).
8. Mogelnitski A.S. Muscle testing in sport. Saint Petersburg: Publishing house of the North-Western State medical University named after I.I. Mechnikov; 2016. 128 p. (In Russ.).
9. Vasil'eva L.F., Mogel'nitskii A.S., Lvov S.I. Pathobiomechanics of the musculoskeletal system. Kinesiological diagnostics and correction. Moscow: Publishing house of the Russian State Medical University; 2010. 92 p. (In Russ.).
10. Ustinov A.V., Lebedev D.S. Lymphatic System in Osteopathic Conception: Beliefs, Studies, Theory and Practice (Review). Part II. *Russian Osteopathic Journal.* 2016;(1-2):112–121. (In Russ.).
11. Dery M.A., Yonuschot G., Winterson B.J. The effects of manually applied intermittent pulsation pressure to ventral thorax on lymph transport. *Lymphology.* 2000;33(2):58–61.
12. Eliska O., Eliskova M. Are peripheral lymphatics damaged by high pressure manual massage? *Lymphology.* 1995;28(1):21–30.
13. Härén K., Backman C., Wiberg M. Effect of manual lymph drainage on oedema of the hand after fracture of the distal radius: A prospective clinical study. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand. Surg.* 2000;34(4):367–372. <https://doi.org/10.1080/028443100750059165>
14. Knott M., Tune J.D., Stoll S.T., Downey H.F. Lymphatic pump treatments increase thoracic duct flow. *J. Am. Osteopath. Assoc.* 2005;105:447–456.

15. **Зайцев К.С.** Применение аппаратного лимфодренажа как средства ускорения локального восстановления мышц нижних конечностей велосипедистов. В: Современные аспекты СКЛ и реабилитации на этапах оказания медицинской помощи детскому и взрослому населению. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию ФГБУ СКФНЦК ФМБА России. Пятигорск: РИА-КМВ; 2017, с. 137–140.

16. **Яхонтов С.В., Александрова Е.А., Кошкарева Г.М., Низкодубова С.В., Ласукова Т.В.** Эффективность лимфодренажного массажа как средства восстановления в лыжном спорте. Вестник Томского государственного педагогического университета. 2013;(12):210–214.

17. **Melzack R.** The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods. *Pain*. 1975;1(3):277–299. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(75\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0304-3959(75)90044-5)

18. **DeStefano L.** Greenman's principles of manual medicine. *LWW*; 2016, с. 45–48.

19. **Simons D., Travell J.** Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. Vol 1. Lippincott Williams & Wilkins; 1984, p. 452–456.

20. **Сафоничева О.Г.** Восстановительное лечение структурно-функциональных нарушений опорно-двигательной системы: дис. ... канд. мед. наук. Тула; 2007. 224 с.

21. **Бывальцев В.А., Белых Е.Г., Сороковиков В.А., Арсентьева Н.И.** Использование шкал и анкет в вертебрологии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2011;111(9-2):51–56.

15. **Zaitsev K.S.** The use of apparatus lymphatic drainage as a means of accelerating the local recovery of the muscles of the lower extremities of cyclists. Modern aspects of SCL and rehabilitation at the stages of providing medical care to children and adults. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 60th anniversary of the North Caucasus Federal Research and Clinical Center of FMBA of Russia. Pyatigorsk: RIA-KMV Publ.; 2017, p. 137–140. (In Russ.).

16. **Yakhontov S.V., Aleksandrova E.A., Koshkareva, G.M., Nizkodubova S.V., Lasukova T.V., et al.** The effectiveness of lymphatic drainage massage as a means of recovery in skiing. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Tomsk State Pedagogical University Bulletin*. 2013;(12):210–214. (In Russ.).

17. **Melzack R.** The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods. *Pain*. 1975;1(3):277–299. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(75\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0304-3959(75)90044-5)

18. **DeStefano L.** Greenman's principles of manual medicine. *LWW*; 2016, с. 45–48.

19. **Simons D., Travell J.** Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. Vol 1. Lippincott Williams & Wilkins; 1984, p. 452–456.

20. **Safonicheva O.G.** Rehabilitation treatment of structural and functional disorders of the musculoskeletal system [dissertation]. Tula; 2007. 224 p. (In Russ.).

21. **Byvaltsev V.A., Belykh E.G., Sorokovikov V.A., Arsen'teva N.I.** The use of scales and questionnaires in vertebrology. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova = Korsakov's Journal of Neurology and Psychiatry*. 2011;111(9-2):51–56. (In Russ.).

#### Информация об авторах:

**Могельницкий Александр Сергеевич\***, к.м.н., доцент кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41. (+7 (911) 914-51-64; [mogel59@mail.ru](mailto:mogel59@mail.ru))

**Чурганов Олег Анатольевич**, д.п.н., профессор кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41.

**Щуров Алексей Григорьевич**, к.м.н., д.п.н., профессор кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41.

**Яковлев Алексей Александрович**, к.м.н., ассистент кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41; ассистент кафедры неврологии и мануальной медицины ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8.

#### Information about the authors:

**Alexander S. Mogelnitskiy\***, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Physical Therapy and Sports Medicine of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia. (+7 (911) 914-51-64; [mogel59@mail.ru](mailto:mogel59@mail.ru))

**Oleg A. Churganov**, D.Sc. (Pedagogy), Professor of the Department of Physical Therapy and Sports Medicine of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia.

**Alexey G. Shchurov**, M.D., Ph.D. (Medicine), D.Sc. (Pedagogy), Professor of the Department of Physical Therapy and Sports Medicine of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia.

**Alexey A. Yakovlev**, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant Professor of the Department of Physical Therapy and Sports Medicine of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia; Assistant Professor of the Department of Neurology and Manual Medicine of the Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6–8 Lev Tolstoy str., St. Petersburg, 197022, Russia.

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>

УДК 572.087; 378.172

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Характеристика компонентного состава тела представителей игрового и циклического видов спорта

С.В. Гудимов<sup>1,\*</sup>, А.Н. Шкробко<sup>1</sup>, И.А. Осетров<sup>2</sup>, И.Е. Плещев<sup>1</sup>, М.А. Кузнецов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ярославль, Россия  
<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет»  
Министерства просвещения Российской Федерации, Ярославль, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** определить компонентный состав тела студентов, специализирующихся в волейболе и легкой атлетике, и провести сравнительный анализ полученных результатов.

**Материалы и методы:** исследование проведено на кафедре физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России. В нем приняли участие обучающиеся из различных групп спортивного совершенствования: волейбол — 10 юношей и 10 девушек; легкая атлетика — 10 девушек (экспериментальные группы) и обучающиеся 1-го курса, посещавшие занятия физкультурой — 14 юношей и 16 девушек (контрольная группа).

**Результаты:** установлены значимые различия между антропометрическими измерениями в экспериментальных группах обследуемых девушек, а также между результатами антропометрии волейболисток, легкоатлеток и контрольной группы студенток. Выявлены достоверные отличия в компонентном составе тела у обследованных девушек экспериментальных и контрольной групп. При анализе результатов антропометрических измерений в экспериментальной и контрольной группах юношей значимых отличий между обследуемыми параметрами не выявлено. Методом биоимпедансометрии установлены достоверные отличия в составе внутренних сред организма волейболистов в сравнении с группой контроля.

**Выводы:** 1. выявлены отличия в компонентном составе тела спортсменок игрового и циклического видов спорта, а также в показателях биоимпеданса волейболисток и контрольной группы. У волейболисток большие показатели общей воды организма, внутри- и внеклеточной воды, безжировой, жировой и активной клеточной массы по отношению к легкоатлеткам и контрольной группе. Различия полученных результатов более выражены в экспериментальных группах. 2. В результате биоимпедансного анализа юношей определены значимые отличия компонентного состава тела волейболистов от нетренированных лиц. Показатели общей воды организма, безжировой, жировой и активной клеточной массы спортсменов превысили аналогичные показатели в группе контроля. 3. Установлены различия в антропометрических измерениях в зависимости от спортивной специализации студенток. У волейболисток большие показатели массы, длины, индекса массы и площади тела, окружностей таза, бедер и запястья по отношению к результатам, полученным у легкоатлеток. Аналогичные различия выявлены при сравнении антропометрии волейболисток и группы контроля. Зафиксированы значимо меньшие величины индекса массы тела, окружности грудной клетки и таза легкоатлеток в сравнении с показателями студенток из контрольной группы. У юношей значимых отличий в показателях антропометрических измерений не зафиксировано, выявлена тенденция к увеличению массы, длины и площади тела, окружностей грудной клетки, бедер и запястья волейболистов.

**Ключевые слова:** биоимпедансометрия, волейбол, легкая атлетика, студентки и студенты

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

**Для цитирования:** Гудимов С.В., Шкробко А.Н., Осетров И.А., Плещев И.Е., Кузнецов М.А. Характеристика компонентного состава тела представителей игрового и циклического видов спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):45–51. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>

**Поступила в редакцию:** 16.03.2021

**Принята к публикации:** 2.06.2021

**Online first:** 29.07.2021

**Опубликована:** 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## The characteristic of the component body composition of athletes involved in game-based and cyclic kinds of sports

Stanislav V. Gudimov<sup>1,\*</sup>, Alexander N. Shkrebko<sup>1</sup>, Igor A. Osetrov<sup>2</sup>, Igor E. Pleshcheev<sup>1</sup>, Mikhail A. Kuznetsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

<sup>2</sup> Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl, Russia

## ABSTRACT

**Objective:** to determine a component body composition of students specializing in volleyball and athletics and to conduct a comparative analysis of the results.

**Materials and methods:** the study was conducted at the Department of physical training and sports at the Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. The study included students from different groups of physical training: volleyball (10 men and 10 women), athletics (10 women) (experimental groups), and first-year students that attended physical training classes (14 men and 16 women) (control group).

**Results:** significant differences were revealed between the anthropometric measurements in the experimental groups of the studied women and between the results of anthropometric measurements in the female volleyball players, female athletes, and students from the control group. Significant differences were revealed in the component body composition of the studied women from the experimental and control groups. The analysis of the results of anthropometric measurements in the experimental and control groups of men did not reveal any significant differences between the parameters. Bioimpedanceometry revealed significant differences in the composition of the internal milieu of volleyball players in comparison with the control group.

**Conclusions:** 1. differences were revealed in the component composition of the body of female athletes involved in game-based and cyclic kinds of sport as well as in the parameters of bio-impedance of female volleyball players and the control group. Female volleyball players had higher parameters of total body fluids, intracellular and extracellular fluids, fat-free, fat, and active cell mass in comparison with female light athletes and the control group. The differences in the obtained results were more significant in the experimental groups. 2. Bio-impedance analysis of men showed significant differences in the component body composition of volleyball players in comparison with untrained students. The parameters of total body fluids, fat-free, fat, and active cell mass in sportsmen exceeded the same parameters in the control group. 3. Differences were established in the anthropometric parameters depending on the sport-oriented specialization of female students. Female volleyball players had higher values of mass, length, body weight index, and body surface area, the circumferences of the pelvis, thighs, and wrists in comparison with the results obtained in female light athletes. Similar differences were revealed in the anthropometric parameters of female volleyball players and students from the control group. Significantly lower values of the body weight index, circumference of the chest and pelvis of female athletes were registered in comparison with students from the control group. Male volleyball players did not have significant differences in the anthropometric parameters. They tended to have an increase in the body mass, length and surface area of the body, circumference of the chest, thighs, and wrists.

**Keywords:** bioimpedance measurement, volleyball, athletics, female students and students

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

**For citation:** Gudimov S.V., Shkrebko A.N., Osetrov I.A., Pleshchev I.E., Kuznetsov M.A. The characteristic of the component body composition of athletes involved in game-based and cyclic kinds of sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):45–51 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.7>

**Received:** 16 March 2021

**Accepted:** 2 June 2021

**Online first:** 29 July 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

В настоящее время биоимпедансный анализ (БИА) находит широкое применение в клинике, диетологии, косметологии, спортивной медицине. Биоимпедансометрия в сочетании с различными морфологическими, биохимическими и функциональными методами исследования позволяет оценить индивидуальные характеристики организма человека [1–3]. Прикладная ценность анализа БИА проявляется в таких областях, как спортивные достижения и контроль веса в клинических группах [4]. БИА способствует ранней диагностике ожирения, что позволяет на более раннем этапе проводить профилактические мероприятия, направленные на предотвращение метаболических осложнений, а также осуществлять динамический контроль в процессе лечения [5]. В спортивной практике анализ и контроль жировой, безжировой и мышечной массы, общего содержания воды в организме позволяет определять рацион питания и контролировать эффективность процедур коррекции [6]. В научно-методической литературе даются рекомендации об использовании анализируемых характеристик компонентного состава тела спортсменов для прогноза спортивных результатов и отбора в различные виды спорта [7, 8]. Для успешного построения и коррекции процесса спортивной

тренировки необходимы комплексные знания о состоянии спортсмена в текущих условиях [9–12].

**Цель исследования:** определить компонентный состав тела студентов, специализирующихся в волейболе и легкой атлетике, и провести сравнительный анализ полученных результатов.

## 2. Материалы и методы

Исследование проведено в октябре–ноябре 2019 года на кафедре физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России. В нем приняли участие студентки и студенты 1–5-го курсов университета из различных групп спортивного совершенствования (экспериментальные группы) и обучающиеся 1-го курса (контрольная группа). Экспериментальные группы: 1) волейбол: девушки ( $n = 10$ ), спортивная квалификация — 1–2-й разряды; юноши ( $n = 10$ ), спортивная квалификация — 2-й разряд; 2) легкая атлетика (средние дистанции): девушки ( $n = 10$ ), спортивная квалификация — 1–3-й разряды. В состав контрольной группы вошли 16 студенток и 14 студентов основного отделения, 2 раза в неделю занимавшихся физкультурой в соответствии с расписанием и не посещавших дополнительно спортивных секций.

Антропометрические измерения (длина и масса тела, окружность грудной клетки, таза и бедер) производились при помощи ростомера, напольных весов и измерительной ленты соответственно.

Биоимпедансное исследование проведено на аппарате «Анализатор импедансный состава тела «Диамант-АИСТ-мини», производство СПб, ООО «Диамант», с применением базовой программы оценки интегральных параметров состава тела ABC01-0362. Обследование проводилось через 2,5–3 часа после приема пищи, до тренировок и занятий физкультурой.

Результаты исследования обработаны с использованием *t*-критерия Стьюдента в приложении Statistica 6.0. Так как в отдельных оцениваемых параметрах выявлен большой разброс от среднего значения, дополнительно был применен непараметрический *U*-критерий Манна — Уитни.

Список сокращений: ИМТ — индекс массы тела; ОТ — окружность таза; ОБ — окружность бедер; ОЗ — окружность запястья; ОГК — окружность грудной

клетки; ОО — основной обмен; КЖ — внутриклеточная жидкость; ВКЖ — внеклеточная жидкость; ОВО — общая вода организма; БЖМ — безжировая масса; АКМ — активная клеточная масса; ЖМ — жировая масса.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Статистическая обработка антропометрических измерений позволила установить достоверно большие показатели массы и длины тела, площади тела, ОТ, ОБ, ОЗ у волейболисток по отношению к результатам, полученным у легкоатлеток и в группе контроля (табл. 1). Различия между показателями волейболисток и легкоатлеток составили: 27, 5, 15 и 21 % (масса, длина, ИМТ и площадь тела), 14, 12 и 9 % (окружности таза, бедер и запястья) соответственно. Также зафиксированы значимые отличия между некоторыми показателями легкоатлеток и группы контроля: меньшие величины ИМТ, ОТ и ОГК отмечены в группе легкоатлеток.

Полученные значения общей гидратации организма и ее отдельных параметров во всех обследованных

Таблица 1

Результаты антропометрии и биоимпедансного анализа студенток спортивного и основного отделений

Table 1

Results of anthropometry and bioimpedance analysis of female students of sports and main departments

Показатель / Indicator	Волейбол / Volleyball, $M \pm \sigma$ ( $n = 10$ )	Легкая атлетика / Athletics, $M \pm \sigma$ ( $n = 10$ )	Контроль / Control group, $M \pm \sigma$ ( $n = 16$ )	$p^1$	$p^2$	$p^3$
Возраст (лет) / Age (year)	19,3 ± 1,6	19,6 ± 1,7	17,9 ± 0,9		0,007	0,002
Рост (см) / Height (cm)	170,4 ± 6,9	162,7 ± 5,8	164,1 ± 6,8	0,01	0,03	
Масса (кг) / Weight (kg)	69,6 ± 10,0	54,9 ± 7,5	61,3 ± 8,8	0,002	0,03	
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> ) / BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,9 ± 2,9	20,7 ± 1,8	22,7 ± 2,8	0,008		0,05
ОТ (см) / Waist (cm)	76,5 ± 5,0	67,2 ± 4,44	73,1 ± 6,9	0,001		0,03
ОБ (см) / Hip (cm)	105,1 ± 6,1	93,5 ± 7,1	96,7 ± 6,4	0,001	0,003	
ОЗ (см) / Wrist (cm)	15,9 ± 0,9	14,6 ± 0,7	14,9 ± 0,8	0,005	0,01	
ОГК (см) / The chest circumference (cm)	103,2 ± 27,1	90,0 ± 5,0	95,1 ± 5,9			0,03
ОО (ккал/сут) / ВХ (kcal/d)	1547,0 ± 78,4	1461,7 ± 68,2	1484,3 ± 78,5	0,02		
Площадь тела (м <sup>2</sup> ) / Body area (m <sup>2</sup> )	1,7 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	0,002	0,02	
ВКЖ (л) / ECF (l)	11,0 ± 1,3	9,1 ± 1,1	9,8 ± 1,0	0,003		
КЖ (л) / ICF (l)	22,0 ± 2,7	18,2 ± 2,3	19,6 ± 2,0	0,003	0,02	
ОВО (л) / TBW (l)	32,9 ± 3,5	28,8 ± 2,9	29,8 ± 3,4	0,01	0,04	
БЖМ (кг) / NFM (kg)	44,9 ± 4,8	39,4 ± 4,1	40,8 ± 4,6	0,01	0,04	
АКМ (%) / ACM (%)	29,5 ± 3,2	25,8 ± 2,7	26,8 ± 3,1	0,01	0,04	
ЖМ (кг) / FM (kg)	14,9 ± 1,6	13,0 ± 1,3	13,5 ± 1,5	0,01	0,04	

Примечание:  $p^1$  — достоверность различий по *t*-критерию Стьюдента между показателями волейболисток и легкоатлеток;  $p^2$  — достоверность различий между показателями волейболисток и группы контроля;  $p^3$  — достоверность различий между показателями легкоатлеток и группы контроля.

Note:  $p^1$  —  $p$ -level of statistical significance to the *t*-test between the indicators of volleyball players and athletes;  $p^2$  —  $p$ -level of statistical significance to the *t*-test between the indicators of volleyball players and the control group;  $p^3$  —  $p$ -level of statistical significance to the *t*-test between the indicators of athletes and the control group.

группах согласовывались с данными, представленными в исследованиях [13, 14]. У волейболисток выявлены достоверно большие значения ОВО, КЖ, ВКЖ в сравнении с показателями легкоатлеток (на 14, 21 и 21 % соответственно) и группы контроля (на 10, 12 и 12 % соответственно). Анализ содержания жидкости в организме спортсменов показал, что у преобладающего большинства обследованных наблюдается увеличение как внутриклеточной, так и внеклеточной жидкости по сравнению с популяционной нормой. Так, среди спортсменов, специализирующихся в неигровых видах спорта (биатлоне, бобслее, пулевой стрельбе, сноуборде), показатели внутриклеточной жидкости на 64–96 % превышали нормальные величины [15].

Показатели БЖМ и АКМ волейболисток достоверно превысили эти показатели у легкоатлеток (по 14 % соответственно) и группы контроля (по 10 % соответственно). Увеличение доли мышечной ткани в структуре тела обуславливает повышение уровня основного обмена у хорошо тренированных людей [16]. Доля активной клеточной массы коррелирует с двигательной активностью и физической работоспособностью спортсменов. У высококвалифицированных спортсменов в циклических и игровых видах значения АКМ, как правило, превышают 62–63 %. Низкие значения АКМ у здоровых лиц принято связывать с гиподинамией [17, 18].

Показатели ЖМ, полученные при обследовании всех групп спортивного совершенствования (как девушек, так и юношей (табл. 2)), были сопоставимы с данными о процентном содержании жира в организме спортсменов различных специализаций. Значение ЖМ в группе волейболисток значительно превысило этот показатель в группе контроля и легкоатлеток. По мнению [19], вычисление жировой массы имеет приоритетное значение, так как ЖМ выполняет функции метаболически активного органа, достаточный ее уровень играет существенную роль в поддержании общего здоровья. Ранее в результате антропометрических измерений и биоимпедансного анализа авторами [20] была установлена корреляционная связь высокой степени между индексом массы тела и содержанием жировой ткани в организме студентов. В нашем исследовании у девушек групп спортивного совершенствования взаимосвязь имела высокозначимый характер средней степени ( $r = 0,57$ , при  $p < 0,01$ ), у юношей такой взаимосвязи не установлено.

Сравнительный анализ результатов антропометрических измерений в экспериментальной и контрольной группах юношей значимых отличий между обследуемыми параметрами не выявил. Наметилась тенденция к увеличению массы, длины и площади тела, ОТ, ОБ и ОЗ волейболистов по отношению к аналогичным показателям группы контроля. В результате

Таблица 2

**Результаты антропометрии и биоимпедансного анализа студентов спортивного и основного отделений**

Table 2

**The results of anthropometry and bioimpedance analysis of students of sports and main departments**

Показатель / Indicator	Волейбол / Volleyball, $M \pm \sigma$ (n = 10)	Контроль / Control group, $M \pm \sigma$ (n = 14)	p по Манну — Уитни / Mann—Whitney
Возраст (лет) / Age (year)	19,2 ± 1,6	18,0 ± 1,5	
Рост (см) / Height (cm)	178,7 ± 6,9	175,6 ± 4,1	
Масса (кг) / Weight (kg)	75,7 ± 7,56	71,7 ± 17,2	
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> ) / BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23,7 ± 1,9	23,1 ± 2,4	
ОТ (см) / Waist (cm)	81,3 ± 4,1	80,4 ± 10,9	
ОБ (см) / Hip (cm)	99,5 ± 4,2	93,8 ± 20,2	
ОЗ (см) / Wrist (cm)	17,0 ± 0,6	16,1 ± 1,1	
ОГК (см) / The chest circumference (cm)	98,2 ± 3,8	99,4 ± 8,7	
ОО (ккал/сут) / ВХ (kcal/d)	1909,4 ± 128,6	1858,4 ± 80, 2	
Площадь тела (м <sup>2</sup> ) / Body area (m <sup>2</sup> )	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,3	
ВКЖ (л) / ECF (l)	12,3 ± 0,9	11,6 ± 1,3	
КЖ (л) / ICF (l)	24,6 ± 1,9	23,2 ± 2,6	
ОВО (л) / TBW (l)	41,8 ± 4,2	38,9 ± 2,9	0,04
БЖМ (кг) / NFM (kg)	57,1 ± 5,7	53,1 ± 4,1	0,04
АКМ (%) / ACM (%)	37,4 ± 3,8	34,86 ± 2,7	0,04
ЖМ (кг) / FM (kg)	12,6 ± 1,3	11,7 ± 0,9	0,04

БИА установлены достоверно большие показатели ОВО, БЖМ, ЖМ, АКМ у волейболистов в сравнении с группой контроля. Содержание общей воды в группе волейболистов на 7 % превысило этот показатель в контрольной группе, выявлена тенденция к увеличению внутри- и внеклеточной жидкости спортсменов. Значения безжировой массы, жировой массы и процентной доли активной мышечной массы волейболистов превысили эти показатели в контрольной группе на 8, 8 и 10 % соответственно.

#### 4. Выводы

1. Выявлены отличия в компонентном составе тела спортсменок игрового и циклического видов спорта, а также в показателях биоимпеданса волейболисток и контрольной группы. У волейболисток более высокое содержание общей воды организма, внутри- и внеклеточной воды, безжировой, жировой и активной клеточной массы по отношению к легкоатлеткам и контрольной группе. Различия полученных результатов более выражены в экспериментальных группах.

#### Вклад авторов:

**Гудимов Станислав Владимирович** — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, ответственность за целостность всех частей статьи, написание текста.

**Шкробко Александр Николаевич** — редактирование.

**Осетров Игорь Александрович** — статистическая обработка данных, редактирование.

**Плещев Игорь Евгеньевич** — сбор и обработка материала.

**Кузнецов Михаил Андреевич** — сбор и обработка материала.

2. В результате биоимпедансного анализа юношей определены значимые отличия компонентного состава тела волейболистов от нетренированных лиц. Показатели общей воды организма, безжировой, жировой и активной клеточной массы спортсменов на 7–10 % превысили аналогичные показатели в группе контроля.

3. Установлены различия в антропометрических измерениях в зависимости от спортивной специализации студентов. У волейболисток большие показатели массы, длины, индекса массы и площади тела, окружностей таза, бедер и запястья по отношению к результатам, полученным у легкоатлеток. Аналогичные различия выявлены при сравнении антропометрии волейболисток и группы контроля. Зафиксированы значимо меньшие величины индекса массы тела, окружности грудной клетки и таза легкоатлеток в сравнении с показателями студентов из контрольной группы. У юношей значимых отличий в показателях антропометрических измерений не зафиксировано, выявлена тенденция к увеличению массы, длины и площади тела, окружностей грудной клетки, бедер и запястья волейболистов.

#### Authors' contributions:

**Stanislav V. Gudimov** — study concept and design, collection and processing of data, responsibility for the integrity of all parts of the article, text writing.

**Alexander N. Shkrebko** — editing.

**Igor A. Osetrov** — statistical data processing, editing.

**Igor E. Pleshchev** — collection and processing of data.

**Mikhail A. Kuznetsov** — collection and processing of data.

#### Список литературы

1. **Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г.** Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2017;12(4):365–384. <https://doi.org/110.21638/11701/spbu11.2017.406>
2. **Eickemberg M., Oliveira C.C., Roriz A.K.** Bioelectrical impedance and visceral fat: a comparison with computed tomography in adults and elderly. Arch. Bras. Endocrinol. Metabol. 2013;57(1):27–32. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302013000100004>
3. **Ellis K.J.** Human body composition: in vivo methods. Physiol. Rev. 2000;80(2):649–680. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>
4. **Stewart A.D., Sutton L.** Body composition in sport, exercise and health. L.: Routledge; 2012. 240 p. <https://doi.org/10.4324/9780203133040>
5. **Русакова Д.С., Щербаклова М.Ю., Гаппарова К.М., Зайнутдинов З.М., Ткачев С.И., Сахаровская В.Г.** Современные методы оценки состава тела. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012;(8):71–81.
6. **Рылова Н.В.** Актуальные аспекты изучения состава тела спортсменов. Казанский медицинский журнал. 2014;95(1):108–111.
7. **Дидык А.В., Терещенко А.С., Лысенко А.В.** Использование биоимпедансометрии в оптимизации массы тела. В:

#### References

1. **Gaivoronskii I.V., Nichiporuk G.I., Gaivoronskii I.N., Nichiporuk N.G.** Biofedansometry as a method for assessing the component composition of the human body (literature review). Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Meditsina = Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine. 2017;12(4):365–384. (In Russ.)
2. **Eickemberg M., Oliveira C.C., Roriz A.K.** Bioelectrical impedance and visceral fat: a comparison with computed tomography in adults and elderly. Arch. Bras. Endocrinol. Metabol. 2013;57(1):27–32. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302013000100004>
3. **Ellis K.J.** Human body composition: in vivo methods. Physiol. Rev. 2000;80(2):649–680. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>
4. **Stewart A.D., Sutton L.** Body composition in sport, exercise and health. L.: Routledge; 2012. 240 p. <https://doi.org/10.4324/9780203133040>
5. **Rusakova D.S., Shcherbakova M.Yu., Gapparova K.M., Zainutdinov Z.M., Tkachev S.I., Sakharovskaya V.G.** Modern methods of body composition. Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya = Experimental and Clinical Gastroenterology. 2012;(8):71–81. (In Russ.)
6. **Rylova N.V.** Actual aspects of studying the body composition of athletes. Kazanskii meditsinskii zhurnal = Kazan medical journal. 2014;95(1):108–111. (In Russ.)

Образование, спорт, здоровье в современных условиях окружающей среды. Сборник материалов четвертой международной конференции. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет; 2015, с. 210–215.

8. **Корнеева И.Т., Поляков С.Д., Николаев Д.В.** Биоимпедансный анализ состава тела как метод оценки функционального состояния юных спортсменов. *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2012;(10):30–36.

9. **Брук Т.М., Стрельчева К.А., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю., Титкова Н.Д.** Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2017;7(1):24–28. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24>

10. **Гудимов С.В., Титова А.С.** Оценка физического развития, функциональной подготовленности и двигательных способностей студентов при занятиях волейболом и общей физической подготовкой. *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения.* 2019;(1):23–25.

11. **Гудимов С.В., Шкробко А.Н., Осетров И.А., Шаймарданов В.М.** Анализ адаптационного эффекта у легкоатлетов на предсоревновательном этапе годового учебно-тренировочного макроцикла. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2020;10(3): 67–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.67>

12. **Маргазин В.А., Алаева И.В.** Современные аспекты долгосрочной адаптации к физической нагрузке юных пловцов в лагах в двухгодичном тренировочном макроцикле. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2017;7(3):27–32. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.3.27>

13. **Детьен П.** Водный и электролитный баланс. В: Шмидт Р., Тевс Г., ред. *Физиология человека.* Т. 3. Москва: Мир; 2005, с. 813–822.

14. **Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г.** Биоимпедансный анализ состава тела человека. Москва: Наука; 2009. 392 с.

15. **Раджабканиев Р.М., Выборная К.В., Мартинчик А.Н., Тимонин А.Н., Барышев М.А., Никитюк Д.Б.** Антропометрические параметры и компонентный состав тела спортсменов неигровых видов спорта. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2019;9(2):46–54. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46>

16. **Лавинский Х.Х., Борисевич Я.Н.** Основной обмен как метод оценки адекватности питания и физической нагрузки спортсменов. *Здоровье и окружающая среда.* 2016;(26):135–140.

17. **Николаев Д.В.** Биоимпедансный анализ: основы метода. *Протокол обследования и интерпретация результатов.* Спортивная медицина: наука и практика. 2012;(2):29–36.

18. **Сукач Е.С., Будько Л.А.** Композиционный состав тела юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. *Проблемы здоровья и экологии.* 2017;(5):83–87.

19. **Рылова Н.В., Жолинский А.В.** Морфо-функциональные особенности юных спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2020;10(2):19–28. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.19>

20. **Анищенко А.П., Архангельская А.Н., Рогозная Е.В., Игнатов Н.Г., Гуревич К.Г.** Сопоставимость антропометрических измерений и результатов биоимпедансного анализа. *Вестник новых мед. технологий.* 2016; 23(1):138–141.

7. **Didyk A.V., Tereshchenko A.S., Lysenko A.V.** The use of bioimpedance measurement in body weight optimization. In: Education, sports, health in the modern environment. Collection of the fourth international conference. Rostov-on-Don: Southern Federal University; 2015, p. 210–215. (In Russ.).

8. **Korneeva I.T., Polyakov S.D., Nikolaev D.V.** Bioimpedance analysis of the composition as a method for assessing the functional state of young athletes. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Physiotherapy and sports medicine].* 2012;(10):30–36. (In Russ.).

9. **Brook T.M., Strelycheva K.A., Osipova N.V., Kosorygina K.Yu., Titkova N.D.** An integrated approach to assessing the functional state of highly qualified athletes in cyclic sports during the preparatory period. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2017;7(1):24–28. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24> (In Russ.)

10. **Gudimov S.V., Titova A.S.** Assessment of physical development, functional training and motor abilities of students during volleyball and general physical training. *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya [Proceedings of the Rostov State Transport University].* 2019;(1):23–25. (In Russ.)

11. **Gudimov S.V., Shkrebko A.N., Osetrov I.A., Shaimardanov V.M.** Analysis of the adaptive effect in female athletes at the pre-competition stage of the annual educational and training macrocycle. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2020;10(3):67–72. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.67>. (In Russ.)

12. **Margazin V.A., Alaeva I.V.** Modern aspects of long-term adaptation to physical activity of young swimmers with fins in a two-year training macrocycle. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2017;7(3):27–32. (In Russ.).

13. **Detienne P.** Water and electrolyte balance. In: Schmidt R., Tevs G. *Human Physiology.* Vol. 3. Moscow: Mir Publ.; 2005, p. 813–822. (In Russ.).

14. **Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G.** Bioimpedance analysis of human body composition. Moscow: Nauka Publ.; 2009. 392 p. (In Russ.).

15. **Radzhabkadiyev R.M., Vybornaya K.V., Martinchik A.N., Timonin A.N., Baryshev M.A., Nikityuk D.B.** Anthropometric parameters and body composition of athletes of non-playing sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2019;9(2):46–54. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46> (In Russ.).

16. **Lavinskii Kh.Kh., Borisevich Ya.N.** Basic exchange as a method for assessing the adequacy of nutrition and physical activity of athletes. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda [Health and Environment].* 2016;(26):135–140. (In Russ.).

17. **Nikolaev D.V.** Bioimpedance Analysis: Basics of the Method. Survey protocol and interpretation of results. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2012;(2):29–36. (In Russ.).

18. **Sukach E.S., Budko L.A.** Compositional composition of the body of young athletes involved in cyclic sports. *Problemy zdorov'ya i ekologii = Health and Ecology Issues.* 2017;(5):83–87. (In Russ.).

19. **Rylova N.V., Zholinsky A.V.** Morpho-functional characteristics of young athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice.* 2020;10(2):19–28. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.19> (In Russ.).

20. **Anischenko A.P., Arkhangel'skaya A.N., Rogoznaya E.V., Ignatov N.G., Gurevich K.G.** Comparability of anthropometric measurements and results of bioimpedance analysis. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii = Journal of New Medical Technologies.* 2016;23(1):138–141. (In Russ.).

**Информация об авторах:**

**Гудимов Станислав Владимирович\***, к.б.н., доцент, заведующий кафедрой физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1060-920X> (+7 (961) 972-69-11, [stasg2013@yandex.ru](mailto:stasg2013@yandex.ru))

**Шкробко Александр Николаевич**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0233-0768>

**Осетров Игорь Александрович**, к.б.н., доцент кафедры спортивных дисциплин факультета физической культуры ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», 150000, Россия, Ярославль, ул. Республиканская, 108/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3269-2262>. SCOPUS: 6508148581

**Плещев Игорь Евгеньевич**, преподаватель кафедры физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1737-7328>

**Кузнецов Михаил Андреевич**, студент 5-го курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 150000, Россия, Ярославль, ул. Революционная, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5003-7050>

**Information about the authors:**

**Stanislav V. Gudimov\***, Ph.D. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Physical Culture and Sports of the Yaroslavl State Medical University, 5, Revolutsionnaya str., Yaroslavl, 150000, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1060-920X> (+7 (961) 972-69-11, [stasg2013@yandex.ru](mailto:stasg2013@yandex.ru))

**Alexander N. Shkrebko**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Yaroslavl State Medical University, 5, Revolutsionnaya str., Yaroslavl, 150000, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0233-0768>

**Igor A. Osetrov**, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Sports Disciplines of the Faculty of Physical Culture of the Yaroslavl State Pedagogical University, 108/1, Respublikanskaya str., Yaroslavl, 150000, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3269-2262>. SCOPUS: 6508148581

**Igor E. Pleshchev**, Senior Lecturer of the Department of Physical Culture and Sports of the Yaroslavl State Medical University, 5, Revolutsionnaya str., Yaroslavl, 150000, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1737-7328>

**Mikhail A. Kuznetsov**, 5th year student of the pediatric faculty of the Yaroslavl State Medical University, 5, Revolutsionnaya str., Yaroslavl, 150000, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5003-7050>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.3>

УДК 616.7

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Presentation of the bk21 (Kacprzak) test as a less traumatic alternative to the Lachman test and Drop Leg test in diagnosing anterior cruciate ligament tear

*Bartłomiej Kacprzak, Natalia Siuba-Jarosz\**

*Orto Med Sport, Łódź, Poland*

### ABSTRACT

**Objective:** despite the fact that anterior cruciate ligament injuries are the most common ligament injuries, the problem of making a quick and accurate diagnosis still exists. In our paper, we hypothesized that a modification of the Lachman test — BK21 (Kacprzak test), in comparison to the Lachman test and Drop Leg test will allow for a significant reduction of pain during the test, and thus for less muscular defense, more relaxation, and more reliable test results, whose sensitivity and specificity will be confirmed by magnetic resonance imaging

**Materials and methods:** using the patient's subjective pain rating scale, the Numerical Rating Scale (NRS), we were able to easily assess which way of performing the test was less traumatic for the patient. A physical examination in the form of a comparison of those two visits was performed at the private medical office Orto Med Sport in 203 patients with suspected anterior cruciate ligament tear.

**Results:** the BK21 modification (Kacprzak) test was on average 3 points less painful on the NRS scale than the classic Lachman test and 1 point less painful than the Drop Leg test, while the same principle of operation and analogous endpoints in both tests allow for high sensitivity and specificity of the test.

**Conclusion:** the BK21 test was a less traumatic and painful alternative to the Lachman test

**Keywords:** anterior cruciate ligament injuries, Lachman test, Drop Leg test

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

**For citation:** Kacprzak B., Siuba-Jarosz N. Presentation of the bk21 (Kacprzak) test as a less traumatic alternative to the Lachman test and Drop Leg test in diagnosing anterior cruciate ligament tear. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):52–57 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.3>

**Received:** 11 March 2021

**Accepted:** 29 May 2021

**Online first:** 22 July 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## Презентация теста BK21 (Кацпшак) как менее травматичной альтернативы тесту Лахмана и тесту Drop Leg при диагностике разрыва передней крестообразной связки

*Б. Кацпшак, Н. Сиуба-Ярош\**

*Orto Med Sport, Лодзь, Польша*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** несмотря на то что травмы передней крестообразной связки являются наиболее частыми повреждениями связок, проблема постановки быстрого и точного диагноза все еще существует. В нашей статье мы выдвинули гипотезу о том, что модификация теста Лахмана — BK21 (тест Кацпшака), по сравнению с тестом Лахмана и Drop Leg test, позволит избежать возникновения боли во время исследования и, таким образом, уменьшить мышечную защиту, что может дать более надежные результаты тестирования, чувствительность и специфичность которых будет подтверждена магнитно-резонансной томографией.

**Материалы и методы:** используя цифровую рейтинговую шкалу (ЦРШ), мы смогли определить, какой из предложенных тестов является наиболее безболезненным для пациента. Оценка была проведена у 203 пациентов с подозрением на разрыв передней крестообразной связки в медицинском центре Orto Med Sport.

**Результаты:** тест BK21 (Кацпшак) был в среднем на 3 балла менее болезненным, согласно шкале ЦРШ, чем классический тест Лахмана, и на 1 балл менее болезненным, чем Drop Leg test, при этом данный тест также является чувствительным и специфичным.

**Заключение:** тест BK21 является менее травматичной и болезненной альтернативой тесту Лахмана.

**Ключевые слова:** травма передней крестообразной связки, тест Лахмана, Drop Leg test

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

**Для цитирования:** Кацпшак Б., Сиуба-Ярош Н. Презентация теста BK21 (Кацпшак) как менее травматичной альтернативы тесту Лахмана и тесту Drop Leg при диагностике разрыва передней крестообразной связки. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(2):52–57. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.3>

**Поступила в редакцию:** 11.03.2021

**Принята к публикации:** 29.05.2021

**Online first:** 22.07.2021

**Опубликована:** 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## 1. Introduction

Despite the fact that anterior cruciate ligament injuries are the most common ligament injuries, the problem of making a quick and accurate diagnosis still exists [1]. To illustrate the scale of the problem I quote statistics; in Poland, about 1 person per 1000 inhabitants is affected by a teard ACL. Use of magnetic resonance imaging, which can indicate not only damage to the ACL, but also the accompanying soft tissue damage, is the most common choices of professionals in those cases [2]. Immediately after the injury, if the patient's condition permits so, the knee should be evaluated for damage with a physical examination. Various studies have estimated that physical examination can specifically and sensitively diagnose anterior cruciate ligament tear in over 80 % [3].

The examination should begin with collecting the detailed history, and analysis of the patient's gait movement pattern. There are a number of clinical tests that allow an appropriate diagnosis to be made, including the most popular Lachman test (average sensitivity of 84 %) and the anterior drawer and pivot shift test (average sensitivity of ca. 62 %). It is a difficult test in patients immediately following injury, with high pain expectation and in those with naturally increased muscle tone [4, 5]. The Drop Leg test modification of the Lachman test has been suggested for those performing the test who have smaller hands [6].

Unfortunately, the popularization of imaging techniques makes the art of examination disappear. However, it is worth paying attention to the simplest and cheapest of instruments, which are the hands of the doctor — orthopedist [7]. In our paper, we hypothesized that a modification of the Lachman test — BK21 (Kacprzak test), in comparison to the Lachman test and Drop Leg test will allow for a significant reduction of pain during the test, and thus for less muscular defense, more relaxation, and more reliable test results, whose sensitivity and specificity will be confirmed by magnetic resonance imaging.

## 2. Materials and methods

### a. Characteristics of the tests

Classic Lachman test — examination technique. The patient lies on their back while the examined limb is bent at an angle of 15–20 degrees at the knee joint, the foot is supported on the ground. The examiner stands by the examined limb, with one hand immobilizing the distal part of the thigh with upward grip, with the other hand gripping the proximal part

of the shin. Pulling the shin towards oneself, the examiner tries to feel the displacement (translation) of the shin against the thigh with thumb. a slight forward movement with a firm end indicates a functional ACL. The possibility of significant forward movement of the shin with “soft,” smooth end of movement — indicates the damage of the anterior cruciate ligament [8].

Drop Leg test — examination technique. The patient lies on their back. The tested limb hangs off the examination table while the examiner stabilizes the tested limb between their legs. The examiner places their hand on the subject's thigh, then pulls the tibia towards themselves with their other hand [9].

BK21 — Kacprzak test — ca. 20 degrees of flexion at the knee, external rotation at the hip and abduction; one hand of the examiner is under the knee on the thigh, stabilizing the position. With the other hand, the examiner holds the shin. Next, pulling the shin towards themselves, the examiner tries to feel the displacement of the shin against the thigh. Here the results are treated similarly to the basic Lachman test — displacement and translation of the thigh indicates ACL damage.

The test modification results from my own observations — patients, protecting themselves from pain after the injury, adopt a position that gives them relief, thus they invert their leg at the hip and rotate it outwards, keeping the injured knee slightly bent. The basic Lachman test requires that the leg is straightened at the hip, and only then is the knee bent to 20–30 degrees. This causes additional discomfort and pain for the patient, and results in muscular stiffness and defense, therefore the test becomes unreliable. Similarly,



Fig. 1. Intraoperative performance of the BK21 version of the test  
Рис. 1. Выполнение теста BK21 во время операции



Fig. 2. Classic version of the test — quadriceps flexion, muscular defense

Рис. 2. Классический вариант теста — сгибание четырехглавой мышцы, мышечная защита



Fig. 3. BK21 version of the test — eliminated quadriceps flexion

Рис. 3. Тест BK21 — исключение сгибания четырехглавой мышцы

in the Drop Leg test, the examiner simply takes the limb and places it outside of the couch, causing pain to the freshly injured patient.

Using the patient's subjective pain rating scale, the Numerical Rating Scale (NRS), we were able to easily assess which way of performing the test was less traumatic for the patient. The scale is a 10cm-long ruler. Patients

indicated the severity of pain from 0 — no pain at all to 10 — the most severe pain imaginable. There are also modified scales in use; at the extreme poles, there are VAS (visual analogue scale) faces — a smiling (no pain) face and a grimacing (strongest pain) face, or additionally accompanied by verbal descriptions of pain under the graphic axis (graphic descriptive scale)[10].

After the examiner performed the Lachman, Drop Leg, and Kacprzak tests in random order, the patients were asked to rate the pain they had experienced during each test.

#### b. Patient characteristics

A physical examination in the form of a comparison of those two visits was performed at the private medical office OrtoMedSport in 203 patients with suspected anterior cruciate ligament tear. Both tests were a piece of the entire physical examination according to the art. Subsequently, patients were asked to indicate on a printed VAS scale how they rated pain during both tests. All patients also underwent magnetic resonance imaging tests.

#### 3. Results

The BK21 modification (Kacprzak) test was on average 3 points less painful on the NRS scale than the classic Lachman test and 1 point less painful than the Drop Leg test, while the same principle of operation and analogous endpoints in both tests allow for high sensitivity and specificity of the test.

Magnetic resonance imaging confirmed the injury in all patients initially diagnosed with anterior cruciate ligament tear.

#### 4. Discussion

Despite the ever-increasing computerization and digitization of medicine, and improvements in imaging techniques, many papers suggest the superiority of carefully performed physical (clinical) tests even over MRI. This makes unacceptable the reports of Shelbourne's 2010 paper in which he reports that of 202 orthopedists, only 63 % of them had patients expose the knee joint for examination, 89 % of them physically touched the injured knee, and 37 % of them touched the other knee. of the 22 orthopedists who did not touch the patient/conduct a physical exam, 16 ordered an MRI. of the 75 orthopedists who did not discover the involved joint for examination, as many as 79 % of them examined the involved knee through clothing. This study supported the hypothesis presented by the author of the paper — the disappearance of the art of the physical examination. It is very disturbing that as many as 37 % of the physicians did not examine the other uninvolved knee for comparison, etc. [6].

A clinical examination of the knee joint may not only detect damage, but also control the treatment process.

Research supports the use of clinical testing for diagnostic purposes in suspected ACL tears. Van Eck et al.

Table 1

#### Patient demographic distribution

Таблица 1

#### Демографическое распределение пациентов

	Survey group (n = 203) / Испытуемые (n = 203)
Age, mean, SD / Возраст, значение, SD	28.3 ± 11.44
Gender F/M / Пол ж/м	98/105
Location of changes / Локализация изменений	
L / Слева	123
R / Справа	80
Test type / Тип теста	
Post-traumatic / После травмы	156
>4 weeks after injury / >4 недель после операции	47

Table 2

#### NRS scale scores

Таблица 2

#### Значения по шкале ЦРШ

	Lachman test	BK21 (Kacprzak) test	Drop Leg test
NRS / ЦРШ			
Average / Значение	5.55	2.83	3.74
Median / Медиана	6	3	4
Standard deviation (SD) / Стандартное отклонение (SD)	1.83	0.98	1.05
Confidence level (95 %) / Уровень доказательности (95 %)	0.253	0.135	0.18
MIN-MAX (мин-макс)	1–8.5	1–6	2–8
MR diagnosis confirmation / Подтверждение на МРТ	100 %		



Fig. 4. MRI confirmation of ACL tear

Рис. 4. Подтверждение разрыва ПКС на МРТ

demonstrated that when diagnosing a complete, acute ACL tear, the Lachman test has the highest sensitivity. The authors also found that the anterior drawer test, Lachman test, and pivot shift test have comparable specificity [11].

The ability to diagnose an anterior cruciate ligament tear has major clinical implications for patients. An initial diagnosis made in the office should immediately mean educating

the patient about restrictions (no rotation, no team games), initially considering a treatment regimen (conservative vs. operative) and suggesting starting immediate rehabilitation that will allow for better functional results in the future, and a quicker return to sports. Thirdly, MRI testing involves an expensive examination and also patients often have to wait in line for it to be performed. A well performed physical examination has similar sensitivity to an MR examination [12].

The leg position in the Drop Leg test and BK21 test modification of the Lachman test, in which the leg is abducted, results in greater relaxation of the quadriceps as well as the gluteal and biceps muscles compared to the classic Lachman test, in which the limb remains in slight flexion. This allows for a greater posterior-anterior displacement, which affects the reliability of the test. The BK21 test was a less traumatic and painful alternative to the Lachman test, so we encourage the use of this test [13].

Fresh trauma is associated with severe pain and swelling, so there is muscular defense during joint examination that we may cleverly bypass and make the patient more comfortable if we follow the suggested test performance pattern [14].

We encourage performance of the clinical examination in the manner suggested by the author, in order to evaluate its long-term usefulness and effectiveness, all the more so if we may improve patient comfort with the modification performed, and thus obtain a more certain diagnosis.



Fig. 5. MRI confirmation of ACL tear

Рис. 5. Подтверждение разрыва ПКС на МРТ

#### Authors' contributions:

**Bartłomiej Kacprzak** — study conception and design, acquisition and interpretation of data, drafting of manuscript, critical revision.

**Natalia Siuba-Jarosz** — interpretation of data, acquisition of data, drafting of manuscript.

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



#### Вклад авторов:

**Кацпшак Бартомеј** — концепция и дизайн, сбор и интерпретация данных, написание текста статьи, редактирование.

**Сиуба-Ярош Наталия** — интерпретация данных, сбор данных, написание текста статьи.

Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

## References

1. Fältström A, Hägglund M., Magnusson H., Forssblad M., Kvist J. Predictors for Additional Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Data from the Swedish National ACL Register. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2016;24(3):885–894. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3406-6>
2. Ng W.H.A., Griffith J.F., Hung E.H.Y., Paunipagar B., Law B.K.Y., Yung P.S.H. Imaging of the Anterior Cruciate Ligament. *World J. Orthop.* 2011;2(8):75–84. <https://doi.org/10.5312/wjo.v2.i8.75>
3. Brady M., Windee W. Clinical Diagnostic Tests Versus MRI Diagnosis of ACL Tears. *J. Sport Rehabil.* 2018;27(6):596–600. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0188>
4. Feagin J.A., Walton W.C. Isolated Tear of the Anterior Cruciate Ligament: 5-Year Follow-up Study. *Am. J. Sports Med.* 1976;4(3):95–100. <https://doi.org/10.1177/036354657600400301>
5. Larson R.L. Physical Examination in the Diagnosis of Rotatory Instability. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1983;(172):38–44. <https://doi.org/10.1097/00003086-198301000-00009>
6. Adler G.G., Hoekman R.A., Beach D.M. Drop Leg Lachman Test: a New Test of Anterior Knee Laxity. *Am. J. Sports Med.* 1995;23(3):320–323. <https://doi.org/10.1177/036354659502300312>
7. Shelbourne K.D. The Art of the Knee Examination: Where Has It Gone? *J. Bone Joint Surg.-Am.* 2010;92(9)e9(1)–e9(3). <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01691>
8. McQuivey K.S., Christopher Z.K., Chung A.S., Makovicka J., Guettler J., Levasseur K. Implementing the Lever Sign in the Emergency Department: Does It Assist in Acute Anterior Cruciate Ligament Tear Diagnosis? a Pilot Study. *J. Emerg. Med.* 2019;57(6):805–811. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2019.09.003>
9. Adler G.G., Hoekman R.A., Beach D.M. Drop Leg Lachman Test. a new test of anterior knee laxity. *Am. J. Sports Med.* 1995;23(3):320–323. <https://doi.org/10.1177/036354659502300312>
10. Stüber J., Zech S., Bay R., Qazzaz A., Richter M. Normative Data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for Pathological Conditions. *Foot Ankle Surg.* 2011;17(3):166–172. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2010.05.005>
11. van Eck C. F., van den Bekerom M.P.J., Fu F.H., Poolman R.W., Kerckhoffs G.M.M.J. Methods to Diagnose Acute Anterior Cruciate Ligament Tear: a Meta-Analysis of Physical Examinations with and without Anaesthesia. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2013;21(8):1895–1903. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2250-9>
12. Gianotti S.M., Marshall S.W., Hume P.A., Bunt L. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injury and Other Knee Ligament Injuries: a National Population-Based Study. *J. Sci. Med. Sport.* 2009;12(6):622–627. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.005>
13. Benjaminse A., Gokeler A., van der Schans C.P. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 May;36(5):267–88. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2011>
14. Makhmalbaf H., Moradi A., Ganji S, Omid-Kashani F. Accuracy of Lachman and Anterior Drawer Tests for Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Arch. Bone Jt. Surg.* 2013;1(2):94–97.

### Information about the authors:

**Bartłomiej Kacprzak**, M.D., Orto Med Sport, 28 Pułku Strzelców Kaniowskich 45 street, 90–640, Łódź, Poland. (hipokrates@op.pl)

**Natalia Siuba-Jarosz\***, M.D., Orto Med Sport, 28 Pułku Strzelców Kaniowskich 45 street, 90–640, Łódź, Poland. ORCID: <https://orcid.org/00000003-4316-1536> (n.siuba@ortomedSPORT.pl)

### Информация об авторах:

**Кацпшак Бартомеј**, врач клиники «Orto Med Sport», 90–640, Лодзь, Польша, ул. 28 Пулку Стшельцув Канёвских, 45. (hipokrates@op.pl)

**Сиуба-Ярош Наталия\***, врач клиники «Orto Med Sport», 90–640, Лодзь, Польша, ул. 28 Пулку Стшельцув Канёвских. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4316-1536> (n.siuba@ortomedSPORT.pl)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

УДК 616.7

Тип статьи: Обзор литературы / Review



## Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки

А.О. Павлов<sup>1,2\*</sup>, А.Д. Стрельцов<sup>1</sup>, С.В. Прокопенко<sup>1,2</sup>, Е.В. Портнягин<sup>2</sup>, Е.Ю. Можейко<sup>1</sup>,  
Н.К. Комарова<sup>2</sup>, А.Н. Наркевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Красноярск, Россия  
<sup>2</sup> ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, Красноярск, Россия

### РЕЗЮМЕ

Обзор литературы посвящен проблеме возникновения осложнений после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. В статье авторы осветили вопросы эпидемиологии и хирургической техники, затронули важные аспекты основных осложнений, таких как повреждение трансплантата, артрофиброз и импиджмент-синдром, образование синовиальных кист, инфекции, развитие остеоартрита и дегенерации хрящевой ткани. Несмотря на распространенность патологии, огромное количество публикаций и развитие артроскопической хирургии, в настоящее время существует множество вопросов теоретического, технического и восстановительного плана, до сих пор не нашедших удовлетворительного решения и требующих дальнейшей разработки. Актуальным вопросом для практикующего врача является проблема правильного выбора метода или сочетания методов пластики передней крестообразной связки применительно к конкретному пациенту, учитывая индивидуальные особенности и возможные риски развития тех или иных осложнений у каждого пациента.

**Ключевые слова:** реабилитация, постоперационные осложнения, остеоартрит, коленный сустав, повреждение трансплантата

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

**Для цитирования:** Павлов А.О., Стрельцов А.Д., Прокопенко С.В., Портнягин Е.В., Можейко Е.Ю., Комарова Н.К., Наркевич А.Н. Осложнения восстановительного периода после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2021;11(2):58–66. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

Поступила в редакцию: 07.02.2021

Принята к публикации: 15.06.2021

Online first: 27.07.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Complications of the recovery period after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament

Alexey O. Pavlov<sup>1,2\*</sup>, Alexey D. Strelcov<sup>1</sup>, Semen V. Prokopenko<sup>1</sup>, Evgeny V. Portnyagin<sup>2</sup>,  
Elena Yu. Mozheyko<sup>1</sup>, Nina K. Komarova<sup>2</sup>, Artem N. Narkevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia  
<sup>2</sup> Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, Krasnoyarsk, Russia

### ABSTRACT

A review of the literature is devoted to the problem of complications after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. The authors covered questions of epidemiology and surgical technique, touched on important aspects of the main complications, such as graft damage, arthrofibrosis and impingement syndrome, the formation of synovial cysts, infections, the development of osteoarthritis and cartilage degeneration. Despite the prevalence of pathology, a huge number of publications and the development of arthroscopic surgery, there are many theoretical and technical problems, that have not yet found a satisfactory solution and require further development. A relevant question for the doctor is the problem of correctly choosing the method or combination methods for anterior cruciate ligament reconstruction in relation for each patient, considering the individual characteristics and possible risks of developing different complications in patient.

**Keywords:** rehabilitation, postoperative complications, osteoarthritis, knee joint, graft rupture

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

**For citation:** Pavlov A.O., Strelcov A.D., Prokopenko S.V., Portnyagin E.V., Mozheyko E.Yu., Komarova N.K., Narkevich A.N. Complications of the recovery period after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2): 58–66 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.2>

**Received:** 7 February 2021

**Accepted:** 15 June 2021

**Online first:** 27 July 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Передняя крестообразная связка (далее — ПКС) состоит из двух пучков, переднемедиального и задне-латерального, характеризующихся различными функциями во всем диапазоне движения коленного сустава. Заднелатеральный пучок в основном натягивается в положении разгибания, ограничивая ротацию большеберцовой кости, тогда как переднемедиальный пучок натягивается при сгибании, ограничивая переднезаднее смещение [1]. ПКС — основной стабилизатор и центральная точка в структуре связочного аппарата и биомеханики коленного сустава.

Травма ПКС является распространенным явлением при занятиях спортом и чаще всего возникает по бесконтактному ротационному механизму, обычно при резкой смене направления или приземлении из безопорного положения [2]. В зависимости от положения коленного сустава (сгибание/разгибание, ротация) и механизма травмы возможен разрыв одного или обоих пучков. Подавляющее большинство травм — это полный разрыв ПКС, в то время как частичные разрывы составляют 5–27 % всех случаев [3], частота которых примерно 85 на 100 000 пациентов в возрасте от 16 лет до 39 лет [4]. По другим данным, повреждение ПКС составляет от 27 до 61 % всех повреждений коленного сустава, частота дегенеративно-дистрофических изменений коленного сустава после перенесенных внутрисуставных повреждений составляет от 35 до 78 % [5]. Таким образом, артроскопическая реконструкция ПКС является одной из самых частых ежедневных ортопедических процедур, число которых неуклонно возрастает из-за растущего числа спортивных травм. Цель операции — восстановление стабильности коленного сустава, предотвращение дальнейших разрывов менисков и возникновения хондропатии, а следовательно, и раннего остеоартрита.

Послеоперационная нестабильность считается хирургической неудачей и встречается у 1–8 % пациентов. Частота различных осложнений пластики ПКС составляет от 10 до 25 % [6]. Осложнения могут быть ранними (в течение первого года после артроскопической реконструкции, связанные с ходом хирургического вмешательства, несовершенной перестройкой трансплантата или ошибками восстановительного лечения) и поздними (через один год после операции и, возможно, из-за дальнейших травм) [7]. Наиболее частыми осложнениями пластики ПКС являются разрыв трансплантата, верхний или «крышевой импиджмент-синдром», боковой

«импиджмент-синдром», локальный фиброз (симптом «циклопа»), формирование кист в туннелях фиксации и, наконец, инфекция. Несмотря на то что не все осложнения требуют хирургического вмешательства, важно их вовремя выявить и устранить, поскольку они могут оказать существенное влияние на функциональное состояние, а также качество жизни пациента.

## 2. Эпидемиология

Несмотря на значительный прогресс в реконструктивной хирургии ПКС, недостаточность трансплантата остается очень важной проблемой. По данным D. Ardernord с соавторами [8], около 2 % всех пациентов нуждаются в повторной операции в течение первых двух лет и 11,9 % в течение 10 лет [9]. Причины повторных травм: молодой возраст пациента, высокий уровень спортивной активности, предшествующая менискэктомия, ошибки в хирургической технике операции, такие как расположение трансплантата, степень натяжения и фиксация [10]. Независимо от причины повреждение, а тем более разрыв трансплантата пагубно сказываются на функции коленного сустава, приводя к неизбежной ревизии и реконструкции ПКС. Интересен и тот факт, что в последние несколько десятилетий число повторных операций увеличивается. Это связано с растущей популярностью спорта и фитнеса, и, скорее всего, данная тенденция продолжится в ближайшем будущем [11]. Еще одно тяжелое осложнение пластики ПКС — артрофиброз, который, по данным литературы, развивается с частотой от 4 до 38 % [12]. Клинически артрофиброз проявляется ограничением объема движений в оперированном коленном суставе [13]. По некоторым данным, данное осложнение встречается чаще всего при использовании ауто трансплантата из связки надколенника — до 24 % [14]. Образование синовиальных кист в проекциях костных каналов возникает в 6–32 % случаев реконструкции ПКС [15]. Этиология образования кист изучена недостаточно, однако высказываются предположения, что на причины их возникновения влияют интерферентные канюлированные винты. Различные литературные данные имеют либо большой размах по значениям, либо не позволяют объективно судить о выраженности данного осложнения. Все наблюдения представлены в разные сроки после реконструкции ПКС, что затрудняет представление о развитии этого процесса в динамике. Данный вопрос остается открытым и требует дальнейшего изучения. Многие пациенты

после пластики ПКС испытывают болевой синдром, в том числе высокой интенсивности. Частота возникновения боли различна и зависит от техники операции и типа трансплантата. 76 % пациентов жалуются на выраженный болевой синдром после артроскопической реконструкции ПКС трансплантатом из собственной связки надколенника против 43 % пациентов при выполнении операции ST-ауто трансплантатом [16]. Таким образом, контроль болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде является важной задачей улучшения результатов восстановительного лечения [17]. Неврологические расстройства после реконструкции ПКС обусловлены повреждением поднадколенниковых ветвей подкожного нерва во время оперативного лечения и встречаются с частотой от 4 до 50 %. Такая разница показателей объясняется различным анатомо-топографическим строением ветвей подкожного нерва, а также зависит от расположения и длины кожного разреза при заборе трансплантата [18].

### 3. Артроскопическая реконструкция ПКС

Выбор типа трансплантата и материалов для фиксации ПКС меняется со временем. Методом выбора на данный момент являются аутологичные трансплантаты: срединная часть сухожилия надколенника с костными блоками или сухожилия полусухожильной и нежной мышц, сложенные в два или четыре раза [19]. Очевидных различий в успешности оперативного лечения или частоте развития осложнений между этими двумя техниками обнаружено не было [20]. Исторически использование сухожилия надколенника считалось методом выбора при решении вопроса о типе трансплантата, так как это способствовало созданию более жесткого и прочного трансплантата. Однако осложнения, такие как боль в переднем отделе коленного сустава и дегенеративно-дистрофические изменения в донорской зоне, серьезно ограничивали функциональное состояние пациентов.

Использование сухожилий хамстрингов стало популярным благодаря низкой частоте осложнений, связанных с местом забора трансплантата [21]. Во время такой операции хирург в большинстве случаев удаляет поврежденную и поэтому не подлежащую восстановлению часть ПКС и полностью заменяет ее сухожилием мышцы. Этот метод — наиболее часто используемый при операциях такого рода. Раньше было необходимым выполнять большие разрезы коленного сустава, чтобы сделать операцию по замене ПКС. В наше время возможен маленький разрез для проведения артроскопии длиной приблизительно 3–5 см. В проксимальной части большеберцовой кости сухожилие мышцы задней поверхности бедра находится под кожей (полусухожильной мышцы) и может быть получено специальным инструментом. Сухожилие длиной приблизительно 30 см сворачивают в 4 раза, так, чтобы хирург получил трансплантат длиной 7–8 см и толщиной 1 см для замены крестообразной связки.

Ранее фиксация производилась через разрез, который располагался за коленным суставом, но в наше время производят внутрикостную фиксацию в бедренной кости, а затем в большеберцовой кости. Необходимые костные каналы в головках большеберцовой и бедренной костей создаются через разрез в области головки большеберцовой кости. Дальнейшие манипуляции в коленном суставе производятся через 2 артроскопических входа. В конце такой операции, которая длится приблизительно 45 минут, ПКС заменена сухожилием мышц задней поверхности бедра. Только 2 маленьких артроскопических разреза, а также рана длиной 3–5 сантиметров со стороны большеберцовой кости для забора дальнейшего трансплантата остаются после операции.

Ключевой фактор корректного функционирования трансплантата — его правильное положение, которое заключается в сохранении изометричного расположения независимо от движений сгибания и разгибания в коленном суставе [20]. Оптимальное расположение бедренного туннеля — как можно более кзади от межмышцелковой вырезки, но без нарушения заднего кортикального слоя бедренной кости (предпочтительная остаточная толщина 1–2 мм), а также над латеральным мышцелком [19]. Если бедренный туннель расположен слишком высоко или слишком кзади, трансплантат становится чрезмерно длинным и натянутым в положении разгибания коленного сустава. И наоборот, если туннель расположен слишком кпереди, натяжение трансплантата ослабляется при выпрямлении и становится чрезмерно сильным при сгибании колена.

Туннель в большеберцовой кости должен быть параллелен линии Блюменсаата в сагиттальной плоскости (линия на уровне задних отделов крыши межмышцелковой вырезки бедренной кости) [20]. Избыточное расположение большеберцового туннеля кзади сопровождается появлением нестабильности и отсутствием эффективности от проведенного оперативного вмешательства, слишком кпереди — приведет к синдрому соударения между трансплантатом и крышей межмышцелковой вырезки. В таких ситуациях возможно применение так называемой нотч-пластики, заключающейся в расширении межмышцелкового пространства [22].

После артроскопической реконструкции ПКС начинается естественный процесс «лигаментизации» трансплантата, который объясняет неоднородную и разнообразную картину при проведении магнитно-резонансного исследования [23]. Этот процесс может продолжаться до четырех лет после данного типа операции, и данные изменения не должны трактоваться как патологические [24]. Первой фазой процесса «лигаментизации» является фаза неоваскуляризации, выявляемая в течение двух месяцев после пластики ПКС на магнитно-резонансной томографии (далее — МРТ). На данном этапе интенсивность МРТ-сигнала в режимах T1 и T2 высокая, хотя и не достигает интенсивности сигнала жидкости, а трансплантат кажется относительно утолщенным. Вторая фаза — это

фаза клеточной пролиферации и выработки коллагена, которая охватывает период до одного года после операции. Интенсивность сигнала на МРТ-снимках снижается. Третья фаза «созревания» трансплантата длится до трех лет с момента пластики ПКС. На этом этапе структура трансплантата становится более однородной, а интенсивность сигнала снижается еще больше. Возможно появление гиперинтенсивных включений, которые не считаются патологическими [6].

#### 4. Повреждение трансплантата

Повреждение трансплантата после артроскопической реконструкции ПКС является опустошительным событием для пациентов, ведущих активный образ жизни и вернувшихся к физической активности. Выделяют различные факторы риска: неправильное расположение костных туннелей, молодой возраст, физические нагрузки на профессиональном уровне, тип используемых тканей для изготовления трансплантата [25, 26]. Однако данный вопрос требует дальнейшего изучения. В нескольких исследованиях проводили оценку недостаточности трансплантата после пластики ПКС, и данный показатель составил от 4 до 17 % [26, 27]. Например, проспективный анализ 2683 пациентов показал, что в течение двух лет после реконструкции ПКС у 4,4 % пациентов имеется повреждение трансплантата [26]. В другом исследовании на основании базы данных реестра здравоохранения было выбрано 17 366 пациентов, среди которых у 95,1 % не было выявлено повреждения трансплантата [25]. Однако есть исследования, в которых внимание было сосредоточено на определенных категориях пациентов. В проспективном исследовании 78 молодых и активных пациентов сообщается о ревизии после первичной пластики ПКС в 9 % случаев в течение двух лет с момента оперативного вмешательства [28]. В аналогичном исследовании 64 баскетболисток частота повторной операции составляет 9,4 % через 12 месяцев после артроскопической реконструкции ПКС [29]. Несмотря на многочисленные исследования, еще очень мало информации о частоте повреждения трансплантата в долгосрочной перспективе в различных популяциях.

#### 5. Импиджмент-синдром

Ущемление трансплантата является одним из самых грозных осложнений у пациентов, перенесших пластику ПКС [30]. Если трансплантат расположен в коленном суставе неправильно, то он может сталкиваться с межмышечковым возвышением бедренной кости, задней крестообразной связкой и другими структурами коленного сустава. Считается, что ущемление трансплантата может быть причиной таких симптомов, как болевой синдром в переднем отделе коленного сустава, рецидивирующий отек и уменьшение объема движений в суставе [31]. Также постоянное ущемление трансплантата может стать причиной его дегенеративных изменений или разрыва, что в конечном итоге приведет к нестабильности коленного сустава. Поэтому предотвращение

возникновения импиджмент-синдрома необходимо для получения оптимального клинического результата после артроскопической реконструкции ПКС. Среди различных видов импиджмент-синдрома наиболее распространенным и самым неприятным считается соударение трансплантата с межмышечковым возвышением [30]. Ущемление трансплантата происходит из-за его преждевременного контакта с межмышечковым возвышением, до момента полного разгибания в коленном суставе, что клинически проявляется дефицитом разгибания после пластики ПКС [31].

За последние несколько десятилетий широкое распространение получила анатомическая двухпучковая артроскопическая реконструкция ПКС. В отличие от традиционной техники, в данном случае точно воспроизводится анатомия ПКС [32]. Однако риск импиджмента при выполнении двухпучковой пластики выше из-за того, что туннель в большеберцовой кости должен быть расположен впереди от традиционного места. Поэтому для получения удовлетворительного функционального результата после пластики ПКС очень важным является расположение бедренного и большеберцового туннелей для предотвращения возникновения импиджмент-синдрома.

Несмотря на то что очень много исследований посвящено возникновению импиджмент-синдрома между трансплантатом ПКС и межмышечковым возвышением, очень мало исследований раскрывают вопрос соударения между трансплантатом ПКС и задней крестообразной связкой. В работах M.J. Strobel и соавт. [33], E. Fujimoto и соавт. [34] высказывалась гипотеза о том, что данный тип импиджмента возникает в момент полного разгибания коленного сустава. Напротив, Simmons и соавт. [35] сообщает, что данный тип соударения происходит в момент сгибания коленного сустава. В любом случае данный вопрос требует дальнейшего изучения.

#### 6. Артрофиброз и циклоп-синдром

Одним из самых распространенных осложнений артроскопической реконструкции ПКС является артрофиброз — разрастание фиброзной рубцовой ткани в полости коленного сустава различной степени выраженности, приводящее к снижению объема движений. Одна из специфических форм артрофиброза, локализуемая в передней части межмышечкового пространства, называется циклоп-синдром (фиброзная ткань узелковой формы, похожей на глаз циклопа, располагающаяся на линии, которая образована передними поверхностями мыщелков бедренной кости). Данное осложнение встречается примерно у 1–10 % пациентов после пластики ПКС [36]. Клинически у данных пациентов чаще всего присутствует ограничение разгибания в коленном суставе или даже наличие болевого синдрома при данном движении вследствие того, что фиброзная ткань становится помехой движению между

большеберцовой и бедренной костью. Интересен и тот факт, что циклоп-синдром может быть вызван не только разрастанием волокнистой соединительной ткани узелковой формы размером 10-15 миллиметров, но и наличием хрящевых либо костных фрагментов кпереди от трансплантата ПКС [37]. Выделяют два гистологических типа фиброзной волокнистой соединительной ткани при возникновении циклоп-синдрома: это истинные «жесткие» узелки (костная либо хрящевая ткань) или «мягкие» (фибропролиферативная ткань) рубцы [14]. Вероятность развития артрофиброза выше у пациентов, которым провели пластику ПКС в течение первых четырех недель с момента получения травмы, либо у тех, у кого присутствовали признаки воспалительной реакции во время операции [20]. Наиболее вероятной причиной возникновения циклоп-синдрома является развитие воспалительной реакции вокруг дистальной культи поврежденной связки [38]. На снимках при проведении МРТ циклоп-синдром выглядит как образование узловой формы в передней части межмышечкового возвышения, которое имеет гетерогенный вид на всех срезах. Дифференциальный диагноз необходимо проводить с пигментным виллонодулярным синовитом, синовиальным хондроматозом, наличием внутрисуставного инородного тела, хотя это и большая редкость после пластики ПКС. Эти осложнения требуют проведения хирургического вмешательства с артроскопическим дебридментом сустава [20].

### 7. Синовиальные кисты

При артроскопической реконструкции ПКС ширина большеберцового туннеля зависит от типа используемого материала и анатомических особенностей пациента. При использовании в качестве трансплантата сухожильной части четырехглавой мышцы бедра получают трансплантат толщиной в среднем 10 миллиметров [39], а при использовании сухожилий нежной и полусухожильной мышц — 8 миллиметров. Расширение большеберцового туннеля в раннем послеоперационном периоде происходит в первые три месяца после операции, далее размер стабилизируется к первому году и уменьшается в последующем периоде. Хотя и этиология расширения костных туннелей до конца неясна, предполагаемыми причинами являются избыточная подвижность трансплантата в туннелях фиксации, ранняя агрессивная реабилитация, некорректное расположение костных туннелей, наличие избыточного количества остеолитических цитокинов в синовиальной жидкости в местах фиксации трансплантата.

Образование синовиальной кисты в большеберцовом канале является редким осложнением пластики ПКС, так же как и в бедренном канале. В литературе описано не так много случаев подобных осложнений. Как правило, образование синовиальной кисты происходит с первого по пятый год послеоперационного периода [20, 40]. Чаще всего это случайная находка на МРТ,

никак не проявляющая себя клинически. Важно понимать, что корреляция между нестабильностью коленного сустава или недостаточностью трансплантата и наличием синовиальных кист после реконструкции ПКС не установлена [41].

Основываясь на имеющихся данных, синовиальные кисты в костных каналах делят на два типа: сообщающиеся с полостью сустава и не сообщающиеся [41]. Образование синовиальной кисты, не сообщающейся с полостью сустава, связывают с расширением костного туннеля, что может быть вызвано неблагоприятной реакцией костной ткани на фиксирующие устройства, а также некрозом тканей вблизи зафиксированного трансплантата [42]. Важно распознать, сообщается ли синовиальная киста с полостью сустава или нет, так как от этого факта зависит тактика дальнейшего лечения. При отсутствии такого сообщения требуется только простое иссечение без необходимости костной пластики [41]. Однако во многих случаях установить связь с полостью сустава затруднительно. Дальнейшая тактика при формировании внутритуннельных кист может включать дебридмент, удаление фиксирующих элементов и локальную костную пластику [41].

### 8. Инфекционные осложнения

Септический артрит коленного сустава после артроскопической реконструкции ПКС — довольно редкое осложнение. Частота данного осложнения, по некоторым данным, составляет от 0,3 до 1,7 % [43, 44]. У более половины всех пациентов (55 %), перенесших такое осложнение, как септический артрит, в качестве трансплантата были использованы сухожилия нежной и полусухожильной мышц. Использование данного типа трансплантата связывают с более высокой вероятностью развития инфекционного артрита [45], что может быть вызвано одной из следующих причин. Во-первых, при данном типе оперативного вмешательства возможно использование большого количества шовного материала, который может вызывать воспалительную реакцию [45]. Во-вторых, выпот в полости сустава чаще наблюдался после пластики ПКС с использованием сухожилий хамстрингов, что служит фактором риска необходимости дальнейшего пунктирования/дренирования и развития инфекционного осложнения [43, 45].

По причине редкости и неоднородности возникновения такого осложнения, как септический артрит, не существует стандартных принципов лечения таких пациентов. Возможно проведение антибиотикотерапии с артроцентезом. В случаях, трудно поддающихся лечению, большинство авторов статей выступают за удаление трансплантата [46, 47]. Некоторые выбирают повторное проведение дебридмента сустава. Клинический исход септического артрита у пациентов после артроскопической реконструкции ПКС обычно является удовлетворительным. Показатели послеоперационных клинических шкал и оценка стабильности коленного сустава артрометром

КТ-1000 показали немного сниженные либо подобные результаты в сравнении с неосложненными случаями пластики ПКС [48, 49]. Сниженные результаты связывают либо с повреждением хрящевой ткани коленного сустава, либо с развитием артрофиброза.

Большинство исследований, которые посвящены инфекционным осложнениям после реконструкции ПКС, разнятся по хирургическим методикам и типам используемого трансплантата, проводимому лечению, ведению пациентов в послеоперационном периоде, поэтому изучение данного вопроса требует дальнейшей проработки.

### 9. Остеоартрит

Нарушение стабильности коленного сустава при частичном или полном разрыве ПКС является общепризнанным фактором риска развития остеоартрита, и частота дегенеративных изменений хрящевой ткани в данном случае составляет от 16 до 70 % [50]. Эти цифры могут достигать еще больших значений, если травма ПКС связана с повреждением менисков или хряща, а также если проводилась парциальная менискэктомия. После повреждения ПКС такие факторы, как нестабильность коленного сустава, гемартроз, повреждение субхондральной костной ткани и костного мозга, воспалительная реакция, сопровождающаяся выработкой хемокинов, оказывают негативное влияние на функцию хондроцитов [51]. Другие потенциальные факторы риска дегенерации хряща: индекс массы тела, возраст, уровень физической активности до травмы, функция четырехглавой мышцы бедра [52]. Во многих исследованиях доказывают, что у пациентов, отказавшихся от реконструктивной пластики ПКС, частота радиологических признаков остеоартрита выше, особенно если разрыву ПКС предшествовала парциальная менискэктомия. По данным Sherman и соавт. [53], хроническая передняя нестабильность может привести к дегенерации хрящевой ткани и прогрессированию степени ухудшения функции коленного сустава, что показывает прямую взаимосвязь между этими двумя факторами.

С другой стороны, несмотря на несомненно важную роль ПКС в биомеханике коленного сустава, не доказано, что ее реконструкция предотвращает дегенеративные изменения хрящевой ткани [54]. Fink и соавт. [55] оценивали клинические исходы оперативного и неоперативного лечения разрыва ПКС и показали, что вероятность дегенерации хряща коленного сустава схожи в этих двух группах. Также они обнаружили значительную корреляцию между уровнем активности после реконструкции ПКС и дальнейшим прогрессированием

остеоартрита. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что уровень спортивной активности после артроскопической реконструкции ПКС — это важный фактор, влияющий на отдаленные результаты лечения.

В недавнем рандомизированном клиническом исследовании не было найдено значимых радиологических различий в течение 5 лет наблюдений среди пациентов, выполнивших раннюю пластику ПКС, отложенную пластику или не подвергшихся реконструктивному вмешательству [56]. Аналогичным образом систематический обзор, выполненный Luc и соавт. [57], не выявил доказательств того, что реконструкция ПКС является адекватной превентивной мерой в предотвращении развития остеоартрита коленного сустава. В другом обзоре, посвященном сравнению результатов консервативного и хирургического лечения разрыва ПКС, авторами не были найдены основанные на доказательствах аргументы в пользу систематической хирургической реконструкции ПКС каждому пациенту с разорванной связкой [58]. С другой стороны, Bourke и соавт. [59] показали хорошие результаты в отдаленном периоде после пластики ПКС и небольшой процент развития остеоартрита коленного сустава через 15 лет после реконструкции. Они заявили, что сухожилия полусухожильной и нежной мышц являются надежным трансплантатом и обеспечивают удовлетворительный долгосрочный результат, если операция выполнена правильно и точно.

### 10. Заключение

Таким образом, анализ специальной литературы показывает, что результат артроскопической реконструкции ПКС зависит от большого числа факторов, одним из которых является выбор оптимального пластического материала, большое разнообразие которого свидетельствует об отсутствии единого мнения о предпочтительности использования того или иного варианта. Поиск оптимальной техники восстановления ПКС представляет большой интерес для хирургов, ведь уменьшение числа отрицательных результатов хирургического лечения является первостепенной задачей в хирургии ПКС, а для этого необходимо строго подходить к установлению показаний к операции и программе послеоперационной реабилитации. На сегодняшний день активно развивается методика первичного восстановления оторванной культи ПКС по технологии Internal Brace. Опыт выполнения данных операций небольшой. Требуется больше времени для наблюдения в долгосрочном периоде и оценки состояния и функции коленного сустава.

### Вклад авторов:

Павлов Алексей Олегович — сбор материала.  
Стрельцов Алексей Дмитриевич — сбор материала.  
Прокопенко Семен Владимирович — редактирование.  
Портнягин Евгений Владимирович — редактирование.  
Можейко Елена Юрьевна — концепция статьи.  
Комарова Нина Константиновна — сбор материала.  
Наркевич Артем Николаевич — написание текста статьи.

### Authors' contributions:

Alexey O. Pavlov — data collection.  
Alexey D. Strelcov — data collection.  
Semen V. Prokopenko — editing.  
Evgeny V. Portnyagin — editing.  
Elena Yu. Mozheyko — article concept.  
Nina K. Komarova — data collection.  
Artem N. Narkevich — article text writing.

**Список литературы / References**

- Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi J.P, Djian P, Bellier G., Sbihi A. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*. 2006;22(9):984–992. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.102>
- Warner S.J., Smith M.V., Wright R.W., Matava M.J., Brophy R.H. Sport-specific outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27(8):1129–1134. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.02.022>
- Colombet P, Dejour D., Panisset J.C., Siebold R. Current concept of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2010;96(8):109–118. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.09.003>
- Kaeding C.C., Leger St. Jean B., Magnussen R.A. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Clin. Sports Med.* 2017;36(1):1–8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>
- Krause M., Freudenthaler F., Frosch K.-H., Achtnich A., Petersen W., Akoto R. Operative versus conservative treatment of anterior cruciate ligament rupture. *Dtsch Aerztebl. Int.* 2018;11(51-52):855–862. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0855>
- Kulczycka P, Larbi A., Malghem J., Thienpont E., Vandenberg B., Lecouvet F. Imaging ACL reconstructions and their complications. *Diagn. Interv. Imaging.* 2015;96(1):11–19. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.04.007>
- Lind M., Menhert F. & Pedersen A.B. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2009;17:117–124. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0654-3>
- Andernord D., Desai N., Bjornsson H., Ylander M., Karlsson J., Samuelsson K. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(1):121–127. <https://doi.org/10.1177/0363546514552788>
- Crawford S.N., Waterman B.R., Lubowitz J.H. Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2013;29(9):1566–1571. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.04.014>
- Barber-Westin S.D., Noyes F.R. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27(12):1697–1705. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.09.009>
- Robert G. Marx. Revision ACL reconstruction: indications and technique. New York: Springer Science + Business Media; 2014. 263 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0766-9>
- Chaudary D., Monga P, Joshi D., Easwaran J., Bhatia N., Singh A. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon–bone autograft. Experience of the first 100 cases. *J. Orthop. Surg.* 2005;13(2):147–152. <https://doi.org/10.1177/230949900501300207>
- Magit D., Wolff A., Sutton K., Medvecky M.J. Arthrofibrosis of the knee. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2007;15(11):682–694. <https://doi.org/10.5435/00124635-200711000-00007>
- Muellner T., Kdolsky R., Großschmidt K., Schabus R., Kwansy O., Jr. H. P. Cyclops and cyclopid formation after anterior cruciate ligament reconstruction: clinical and histomorphological differences. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 1999;7(5):284–289. <https://doi.org/10.1007/s001670050165>
- Sanders T.G., Tall M.A., Mulloy J.P., Leis H.T. Fluid collections in the osseous tunnel during the first year after anterior cruciate ligament repair using an autologous hamstring graft: natural history and clinical correlation. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2002;26(4):617–621. <https://doi.org/10.1097/00004728-200207000-00025>
- Lynch J.R., Okoroha K.R., Lizzio V., Yu C.C., Jildeh T.R., Moutzouros V., Adductor canal block versus femoral nerve block for pain control after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized trial. *Am. J. Sports Med.* 2019;47:355–363. <https://doi.org/10.1177/2325967119S00255>
- Kocher M.S., Steadman J.R., Briggs K., Zurakowski D., Sterett W.I., Hawkins R.J. Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Bone Joint Surg.* 2002;84-A(9):1560–1572. <https://doi.org/10.2106/00004623-200209000-00008>
- Papastergiou S. G., Voulgaropoulos H., Mikalef P, Ziozas E., Pappis G., Giannakopoulos I. Injuries to the infrapatellar branch(es) of the saphenous nerve in anterior cruciate ligament reconstruction with four-strand hamstring tendon autograft: vertical versus horizontal incision for harvest. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2005;14(8):789–793. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0008-3>
- Streich N.A., Friedrich K., Gotterbarm T., Schmitt H. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2008;16(3): 232–238. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0480-z>
- Bencardino J.T., Beltran J., Feldman M.I., Rose D.J. MR Imaging of Complications of Anterior Cruciate Ligament Graft Reconstruction. *RadioGraphics*. 2009;29(7):2115–2126. <https://doi.org/10.1148/rg.297095036>
- Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. Patellar Tendon Versus Doubled Semitendinosus and Gracilis Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 1994;22(2):211–218. <https://doi.org/10.1177/036354659402200210>
- Howell S. Principles for placing the tibial tunnel and avoiding roof impingement during reconstruction of a torn anterior cruciate ligament. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 1998;6:49–55. <https://doi.org/10.1007/s001670050223>
- Steiner M.E., Hecker A.T., Brown C.H., Hayes W.C. Anterior Cruciate Ligament Graft Fixation. *Am. J. Sports Med.* 1994;22(2):240–247. <https://doi.org/10.1177/036354659402200215>
- Saupe N., White L.M., Chiavaras M.M., Essue J., Weller I., Kunz M., Hurtig M., Marks P. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Grafts: MR Imaging Features at Long-term Follow-up — Correlation with Functional and Clinical Evaluation. *Radiology*. 2008;249(2):581–590. <https://doi.org/10.1148/radiol.2492071651>
- Maletis G., Inacio M., Funahashi T. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(3):641–647. <https://doi.org/10.1177/0363546514561745>
- Kaeding C.C., Pedroza A.D., Reinke E.K., Huston L.J., Spindler K. P., Amendola A. Risk Factors and Predictors of Subsequent ACL Injury in Either Knee After ACL Reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 2015;43(7):1583–1590. <https://doi.org/10.1177/0363546515578836>
- Wright R.W., Magnussen R.A., Dunn W.R., Spindler K.P. Ipsilateral Graft and Contralateral ACL Rupture at Five Years or More Following ACL Reconstruction. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2011;93 (12):1159–1165. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00898>
- Paterno M.V., Rauh M.J., Schmitt L.C., Ford K.R., Hewett T.E. Incidence of Second ACL Injuries 2 Years After Pri-

mary ACL Reconstruction and Return to Sport. *Am. J. Sports Med.* 2014;42(7):1567–1573. <https://doi.org/10.1177/0363546514530088>

29. **Tanaka Y., Yonetani Y., Shiozaki Y., Kitaguchi T., Sato N., Takeshita S., Horibe S.** Retear of anterior cruciate ligament grafts in female basketball players: a case series. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* 2010;2(7). <https://doi.org/10.1186/1758-2555-2-7>

30. **Iriuchishima T., Shirakura K., Fu F. H.** Graft impingement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* 2012;21(3):664–670. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2014-6>

31. **Iriuchishima T., Tajima G., Ingham S.J., Shen W., Smolinski P., Fu F.H.** Impingement pressure in the anatomical and nonanatomical anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaver study. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(8):1611–1617. <https://doi.org/10.1177/0363546510363461>

32. **Schreiber V.M., van Eck C.F., Fu F.H.** Anatomic Double-bundle ACL Reconstruction. *Sports Med. Arthrosc. Rev.* 2010;18(1):27–32. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3181bf6634>

33. **Strobel M.J., Castillo R.J., Weiler A.** Reflex extension loss after anterior cruciate ligament reconstruction due to femoral “high noon” graft placement. *Arthroscopy.* 2001;17(4):408–411. <https://doi.org/10.1053/jars.2001.21821>

34. **Fujimoto E., Sumen Y., Deie M., Yasumoto M., Kobayashi K., Ochi M.** Anterior cruciate ligament graft impingement against the posterior cruciate ligament: diagnosis using MRI plus three-dimensional reconstruction software. *Magn. Reson. Imaging.* 2004;22(8):1125–1129. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2004.08.007>

35. **Simmons R., Howell S.M., Hull M.L.** Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J. Bone Joint Surg.* 2003;85(6):1018–1029. <https://doi.org/10.2106/00004623-200306000-00006>

36. **Lebel B., Hulet C., Galaud B., Burdin G., Locker B., Vielpeau C.** Arthroscopic Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft. *Am. J. Sports Med.* 2008;36(7):1275–1282. <https://doi.org/10.1177/0363546508314721>

37. **Bradley D.M., Bergman A.G., Dillingham M.F.** MR Imaging of Cyclops Lesions. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2000;174(3):719–726. <https://doi.org/10.2214/ajr.174.3.1740719>

38. **Huang G.S., Lee C.H., Chan W.P., Lee H.S., Chen C.Y., Yu J.S.** Acute Anterior Cruciate Ligament Stump Entrapment in Anterior Cruciate Ligament Tears: MR Imaging Appearance. *Radiology.* 2002;225(2):537–540. <https://doi.org/10.1148/radiol.2252011810>

39. **Flik K.R., Bach B.R.** Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using an Endoscopic Technique With Patellar Tendon Autograft. *Techniques in Orthopaedics.* 2005;20(4):361–371. <https://doi.org/10.1097/01.bto.0000190268.84105.ff>

40. **Deie M., Sumen Y., Ochi M., Murakami Y., Fujimoto E., Ikuta Y.** Pretibial cyst formation after anterior cruciate ligament reconstruction using auto hamstring grafts: two case reports in a prospective study of 89 cases. *Magn. Reson. Imaging.* 2000;18(8):973–977. [https://doi.org/10.1016/s0730-725x\(00\)00207-1](https://doi.org/10.1016/s0730-725x(00)00207-1)

41. **Simonian P., Wickiewicz T., O'Brien S., Dines J., Schatz J., Warren R.** Pretibial cyst formation after anterior cruciate ligament surgery with soft tissue autografts. *Arthroscopy.* 1998;14(2):215–220. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(98\)70044-1](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(98)70044-1)

42. **Martinek V., Friederich N.F.** Tibial and Pretibial Cyst Formation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Bioabsorbable Interference Screw Fixation. *Arthroscopy.* 1999;15(3):317–320. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(99\)70042-3](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(99)70042-3)

43. **Mouzopoulos G., Fotopoulos V.C., Tzurbakis M.** Septic knee arthritis following ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2009;17(9):1033–1042. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0793-1>

44. **Schollin-Borg M., Michaelsson K., Rahme H.** Presentation, outcome, and cause of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a case control study. *Arthroscopy.* 2003;19(9):941–947. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2003.09.004>

45. **Binnert M.S., Basarir K.** Risk and outcome of infection after different arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Arthroscopy.* 2007;23(8): 62–868. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.02.008>

46. **Burks R.T., Friederichs M.G., Fink B., Luker M.G., West H.S., Greis P.E.** Treatment of postoperative anterior cruciate ligament infections with graft removal and early reimplantation. *Am. J. Sports Med.* 2003;31(3):414–418. <https://doi.org/10.1177/03635465030310031501>

47. **Schulz A.P., Gotze S., Schmidt H.G., Jurgens C., Faschingbauer M.** Septic arthritis of the knee after anterior cruciate ligament surgery: a stage-adapted treatment regimen. *Am. J. Sports Med.* 2007;35(7):1064–1069. <https://doi.org/10.1177/0363546507299744>

48. **Sajovic M., Strahovnik A., Dernovsek M.Z., Skaza K.** Quality of life and clinical outcome comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: an 11-year follow-up of a randomized controlled trial. *Am. J. Sports Med.* 2011;39(10):2161–2169. <https://doi.org/10.1177/0363546511411702>

49. **Holm I., Oiestad B.E., Risberg M.A., Aune A.K.** No difference in knee function or prevalence of osteoarthritis after reconstruction of the anterior cruciate ligament with 4-strand hamstring autograft versus patellar tendonbone autograft: a randomized study with 10-year follow-up. *Am. J. Sports Med.* 2010;38(3):448–454. <https://doi.org/10.1177/0363546509350301>

50. **Lohmander L.S., Östenberg A., Englund M., Roos H.** High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004;50(10):3145–3152. <https://doi.org/10.1002/art.20589>

51. **Lohmander L.S., Roos H.** Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis: Truth or consequences? *Acta Orthop. Scand.* 1994;65(6):605–609. <https://doi.org/10.3109/17453679408994613>

52. **Hart J.M., Turman K.A., Diduch D.R., Hart J.A., Miller M.D.** Quadriceps muscle activation and radiographic osteoarthritis following ACL revision. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2010;19(4): 634–640. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1321-z>

53. **Sherman M.F., Warren R.F., Marshall J.L., Savatsky G.J.** A clinical and radiographical analysis of 127 anterior cruciate insufficient knees. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1988;227:229–237.

54. **Moksnes H., Risberg M.A.** Performance-based functional evaluation of non-operative and operative treatment after anterior cruciate ligament injury. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2009;19(3):345–355. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00816.x>

55. **Fink C., Hoser C., Hackl W., Navarro R.A., Benedetto K.P.** Long-term Outcome of Operative or Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture -Is Sports Activity a Determining Variable? *Int. J. Sports Med.* 2001;22(4):304–309. <https://doi.org/10.1055/s-2001-13823>

56. **Harris K., Driban J.B., Sitler M.R., Cattano N.M., Hootman J.M.** Five-Year Clinical Outcomes of a Randomized Trial of Anterior Cruciate Ligament Treatment Strategies: An Evidence-Based Practice Paper. *J. Athl. Train.* 2015;50(1):110–112. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.53>

57. **Luc B., Gribble P.A., Pietrosimone B.G.** Osteoarthritis Prevalence Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Numbers-Needed-to-Treat Analysis. *J. Athl. Train.* 2014;49(6):806–819. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.35>

58. **Delincé P., Ghafil D.** Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the litera-

ture. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2011;20(1):48–61. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1614-x>

59. **Bourke H.E., Salmon L.J., Waller A., Patterson V., Pinczewski L.A.** Survival of the Anterior Cruciate Ligament Graft and the Contralateral ACL at a Minimum of 15 Years. *Am. J. Sports Med.* 2012;40(9):1985–1992. <https://doi.org/10.1177/0363546512454414>

#### Информация об авторах:

**Павлов Алексей Олегович\***, аспирант 3-го года обучения кафедры нервных болезней с курсом ПО, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1; врач-невролог, врач по лечебной физкультуре и спортивной медицине ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26 (+7 (913) 556-23-36; [pavlovaol1992@mail.ru](mailto:pavlovaol1992@mail.ru))

**Стрельцов Алексей Дмитриевич**, студент 4-го курса ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1.

**Прокопенко Семен Владимирович**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нервных болезней с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. Научный руководитель службы неврологии и нейрореабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-2586>

**Портнягин Евгений Владимирович**, к.м.н., врач по лечебной физкультуре и спортивной медицине, директор центра физической реабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26.

**Можейко Елена Юрьевна**, д.м.н., доцент, заведующая кафедрой физической и реабилитационной медицины с курсом ПО, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

**Комарова Нина Константиновна**, медицинская сестра центра физической реабилитации ФГБУ «Федеральный Сибирский научно-клинический центр» ФМБА России, 660037, Россия, Красноярск, ул. Коломенская, 26.

**Наркевич Артем Николаевич**, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Россия, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-5058>

#### Information about the authors:

**Alexey O. Pavlov\***, 3-year post-graduate student of the Department of Nervous Diseases with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia; neurologist, physical therapy and sports medicine doctor of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia (+7 (913) 556-23-36; [pavlovaol1992@mail.ru](mailto:pavlovaol1992@mail.ru))

**Alexey D. Strelcov**, 4th year student of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia.

**Semen V. Prokopenko**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Nervous Diseases with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. Scientific Director of the Neurology and Neurorehabilitation Service of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-2586>

**Evgeny V. Portnyagin**, M.D., Ph.D. (Medicine), physical therapy and sports medicine doctor, Director of the physical rehabilitation center of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia.

**Elena Yu. Mozheyko**, M.D., D.Sc. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine with the course of postgraduate education of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-1529>

**Nina K. Komarova**, nurse of the physical rehabilitation center of the Federal Siberian Research Clinical Centre under the Federal Medical Biological Agency, 26, Kolomenskaya str., Krasnoyarsk, 660037, Russia.

**Artem N. Narkevich**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics of the Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, 1, Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, 660022, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-5058>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.8>

УДК: 612.821

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original article



## Пилотное исследование по оценке эффективности психокорригирующих методов с использованием ЭЭГ-тренинга и очков виртуальной реальности у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта

*В.И. Пустовойт<sup>1,\*</sup>, С.Е. Назарян<sup>1</sup>, Е.Я. Адоева<sup>2</sup>, М.С. Ключников<sup>1</sup>, Н.А. Кириченко<sup>1</sup>, А.С. Самойлов<sup>1</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> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить эффективность психокоррекции, основанной на принципе методов саморегуляции спортсменов.

**Материалы и методы:** эффективность оценивали у 104 спортсменов мужского пола, у которых при обследовании методом электроэнцефалографии (ЭЭГ) установлен как удовлетворительный, так и неудовлетворительный уровни психоэмоционального состояния. Испытуемые были рандомизированы в три группы психокоррекции: контрольную, ЭЭГ-тренинг и VR-терапия. Математико-статистическую обработку осуществляли в Statistica 7.

**Результаты:** средние значения индекса выраженности волн (ИВВ) после психологической коррекции с использованием методов ЭЭГ-тренинга и VR-терапии показали положительную ЭЭГ-динамику у спортсменов второй группы (ЭЭГ-тренинг) — 65,6 % (21) и третьей группы (VR-терапия) — 73,8% (31) обследуемых соответственно. Тогда как в контрольной группе, без процедур психокоррекции, регистрировали самовосстановление у 9 (30 %) спортсменов.

**Заключение:** количественный критерий ИВВ является универсальным информативным показателем функциональной активности головного мозга для оценки эффективности проводимой психокоррекции, направленной на оптимизацию психоэмоционального состояния. Психокоррекция спортсменов методами ЭЭГ-тренинга и VR-терапии обеспечивает эффективность в 73,8 и 65,6 % случаев, что значительно смягчает предстартовое напряжение вследствие уменьшения тревожности и восстановления психоэмоционального состояния организма до оптимального уровня за счет вовлечения психологического резерва.

**Ключевые слова:** спортсмены, экстремальные виды спорта, психоэмоциональное состояние, электроэнцефалография, психокоррекция

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

**Для цитирования:** Пустовойт В.И., Назарян С.Е., Адоева Е.Я., Ключников М.С., Кириченко Н.А., Самойлов А.С. Пилотное исследование по оценке эффективности психокорригирующих методов с использованием ЭЭГ-тренинга и очков виртуальной реальности у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):67–75. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.8>

Поступила в редакцию: 31.05.2021

Принята к публикации: 27.07.2021

Online first: 05.08.2021

Опубликована: 10.08.2021

\* Автор, ответственный за переписку

## Pilot study on the evaluation of the effectiveness of psychocorrection methods that include EEG-training and VR headset in athletes involved in extreme kinds of sports

*Vasiliy I. Pustovoit<sup>1,\*</sup>, Svetlana E. Nazaryan<sup>1</sup>, Elena Ya. Adoeva<sup>2</sup>, Mikhail S. Klyuchnikov<sup>1</sup>, Nikolay A. Kirichenco<sup>1</sup>, Aleksandr S. Samoilov<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia

**ABSTRACT**

**Objective:** to evaluate the effectiveness of psychocorrection based on the methods of self-regulation in athletes.

**Materials and methods:** the effectiveness was evaluated on 104 male athletes who had an optimal level of psychoemotional state of the body during a background examination by electroencephalography (EEG). The subjects were randomly assigned to three groups of psychocorrection: control, EEG-training, and VR-therapy. Mathematical and statistical processing was carried out in Statistica 7.

**Results:** the average values of the wave intensity index (WII) after psychological correction using the following methods: EEG-training and VR-therapy showed positive EEG dynamics in athletes of the second group (EEG-training) 65,6 % (21) and the third group (Vr-therapy) 73,8 % (31) of the subjects, respectively. Whereas in the control group, self-healing was recorded in 9 (30 %) athletes without psychocorrection procedures.

**Conclusion:** the quantitative criterion of WII is a universal informative indicator of the functional activity of the brain for evaluating the effectiveness of psychocorrection aimed at optimizing the psychoemotional state. Psychocorrection of athletes using EEG-training and VR-therapy provides efficiency in 73.8 and 65.6 % of cases, which significantly softens pre-start tension as a result of reducing anxiety and restoring the psychoemotional state of the body to an optimal level by involving the psychological reserve.

**Keywords:** athletes, extreme sports, psychoemotional state, electroencephalography, psychocorrection

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

**For citation:** Pustovoit V.I., Nazaryan S.E., Adoeva E.Ya., Klyuchnikov M.S., Kirichenko N.A., Samoilov A.S. Pilot study on the evaluation of the effectiveness of psychocorrection methods that include EEG-training and VR headset in athletes involved in extreme kinds of sports. *Sportivnaya medicina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(2):67–75 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.8>

**Received:** 31 May 2021

**Accepted:** 27 July 2021

**Online first:** 5 August 2021

**Published:** 10 August 2021

\* Corresponding author

## 1. Введение

Ухудшение психоэмоционального состояния у спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта, до критического уровня является одним из основных компонентов, приводящих к профессиональной дезадаптации, а в сочетании с экзогенными факторами приводит не только к снижению функционального состояния организма, но и к дисбалансу иммунной системы и ослаблению механизмов иммунной защиты [1–7].

При достижении высоких показателей в спорте ситуация часто приобретает стрессовый характер и сопровождается значительным эмоциональным и психологическим напряжением, что приводит к быстрому истощению функциональных резервов организма и, как следствие, к срыву адаптации. На данный момент хорошо изучены механизмы реагирования организма спортсменов на острый стресс, в результате которого в кровеносное русло немедленно выбрасываются биологически активные вещества, приводящие к повышению мобилизации [9, 10]. В литературе имеются многочисленные данные о влиянии психоэмоционального состояния на организм, но при этом отсутствуют сведения об эффективности мер психокоррекции спортсменов. Длительное психоэмоциональное напряжение сильно истощает функциональные резервы организма и приводит к трудно корригируемому состоянию дезадаптации атлетов [1–7, 11].

На этапе непосредственной подготовки к главному старту для восстановления психологических и функциональных резервов организма необходимо создать максимум условий для организации отдыха и проведения восстанавливающих психокорректирующих процедур.

По нашему мнению, в литературных источниках недостаточно данных о проблеме электрофизиологического

контроля уровня психоэмоционального состояния спортсменов и его коррекции, что подтверждает практическую потребность в настоящем исследовании. Таким образом, остается актуальным вопрос разработки методов психокоррекции уровня психоэмоционального состояния спортсменов, которые при своевременном применении будут способствовать поддержанию атлета на оптимальном или допустимом уровне функционального состояния организма, в период достижения высоких спортивных результатов.

**Цель исследования:** оценить эффективность психокоррекции, основанной на принципе методов саморегуляции спортсменов.

### Задачи исследования

1. Изучить особенности изменений количественных показателей ЭЭГ в зависимости от уровня психоэмоционального состояния и рассчитать универсальный показатель, характеризующий структурно-функциональное состояние головного мозга у спортсменов экстремальных видов спорта.

2. Сравнить ЭЭГ-динамику функционального состояния головного мозга у спортсменов до и после прохождения курса психокоррекции методами ЭЭГ-тренинга и VR-терапии.

3. Оценить функциональные резервы головного мозга у спортсменов экстремальных видов спорта и его способность к процессам восстановления после курса психокоррекции.

## 2. Материалы и методы

Проведение исследования осуществлялось в ЦСМиР ГНЦ РФ — ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в 2020 г.

Для разработки основных критериев нормального распределения спектральных мощностей ЭЭГ у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта,

были использованы ЭЭГ из базы предыдущих исследований ( $n = 925$ ) за 2018–2020 гг. спортивного центра ГНЦ РФ — ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России [1].

Нами были отобраны 135 спортсменов экстремальных видов спорта, у которых на ЭЭГ было диагностировано удовлетворительное и неудовлетворительное психоэмоциональное состояние [1]. Эти спортсмены были случайно распределены в три группы по 45 человек на основе сгенерированной рандомизационной таблицы. По различным причинам из дальнейшего наблюдения выбыл 31 спортсмен, остальные продолжили участие в соответствии с распределением. Завершили исследование и выполнили все процедуры в соответствии с протоколом все 104 спортсмена.

Первая, контрольная группа (control group) состояла из 30 человек, средний возраст  $32,1 \pm 6,6$  года. Психокоррекцию неудовлетворительного и удовлетворительного психоэмоционального состояния у данных спортсменов не проводили.

Вторая, опытная группа (BFB) состояла из 32 человек, средний возраст  $31,2 \pm 5,6$  года. Психокоррекцию неудовлетворительного и удовлетворительного психоэмоционального состояния у этих спортсменов проводили с помощью программы функционального биоуправления с биологической обратной связью «ЭЭГ-тренинг». Методика саморегуляции осуществлялась в соответствии с программой ЭЭГ-тренинг по параметрам функциональной асимметрии мозга для спортсменов (4 ЭЭГ) с целью формирования оптимального психоэмоционального состояния организма [12].

Третья, опытная группа (Vr) составила 42 человека, средний возраст  $29,8 \pm 4,8$  года. Психокоррекцию неудовлетворительного и удовлетворительного психоэмоционального состояния у данных спортсменов проводили при помощи программы психокоррекции в виртуальной реальности «VR-отдых 1.0». Воздействие производилось психологической методикой саморегуляции VR-терапии с целью восстановления психоэмоционального состояния спортсменов при умеренно выраженной психоневротической симптоматике, а также для быстрого снятия утомления и эмоционального напряжения [13–16].

Показатели общего уровня психоэмоционального состояния организма оценивали с применением спектрального анализа по результатам обследования способом электрофизиологического контроля до и после проведения курса психокорректирующих процедур (ЭЭГ-тренинг и VR-терапия). Спортсменам экстремальных видов спорта проводилась запись в 19 отведениях ЭЭГ до начала курса ЭЭГ-тренинга и VR-терапии и после первых 5 сеансов. Электроды располагались в соответствии с международной системой 10–20 на приборе «Энцефалан ЭЭГ-19/26» (ООО НПКиФ «Медиком», РФ) [12]. В качестве референта использовались ипсилатеральные ушные электроды. Фоновую запись ЭЭГ с закрытыми глазами в оптимальном психоэмоциональном состоянии организма регистрировали в течение 5 минут

при прохождении углубленного медицинского обследования.

Перед началом психокорректирующих процедур ЭЭГ-тренинга и VR-терапии вычисляли в 19 отведениях усредненное значение спектров мощности ЭЭГ во всех диапазонах, индивидуально у каждого спортсмена. Для получения достоверных данных перед проведением спектрального анализа раскладывали сигнал на эмпирические моды и устраняли артефакты, вызванные движением глаз, мышечной активностью и сердечным ритмом. После проведения 5 сеансов ЭЭГ-тренинга и VR-терапии повторно записывали 19-канальную ЭЭГ, после чего повторно проводили спектральный анализ 5-минутного отрезка ЭЭГ.

Для оценки эффективности психокоррекции по ИВВ определяли усредненное значение мощности спектров ЭЭГ во всех диапазонах по формуле:  $(\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2) / (\delta_1 + \delta_2 + \theta)$  до и после первых пяти процедур ЭЭГ-тренинга и VR-терапии.

По итогам вычислений определяли отношение  $3(\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2) / (\delta_1 + \delta_2 + \theta) / 2(\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2) / (\delta_1 + \delta_2 + \theta)$ , где предполагалось, что итоговое значение будет отражать наличие или отсутствие первичного эффекта от ЭЭГ-тренинга и VR-терапии исходя из особенностей индивидуальных психоэмоциональных резервов головного мозга до и после курса психокорректирующих процедур, а  $2(\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2) / (\delta_1 + \delta_2 + \theta)$  — ИВВ перед началом проведения процедур.

Для обработки результатов использовали программу Statistica версии 7,0 (StatSoft Inc, США). Во всех расчетах использовали уровень значимости  $p < 0,05$ . Предварительно проводили анализ на нормальное распределение по критерию Лилиефорса и Шапиро — Уилка. В связи с ненормальным распределением количественных показателей в выборке результаты исследования представлены медианой с указанием нижнего и верхнего квартилей. При математическом анализе использовали оценку статистической значимости различий количественных показателей в независимых выборках по  $U$ -критерию Манна — Уитни; оценку степени влияния качественного фактора на дисперсию количественных показателей с использованием дисперсионного анализа ANOVA [17].

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

Обследование испытуемых проводилось методом ЭЭГ с последующим индивидуальным расчетом усредненных значений мощности спектров ИВВ для подтверждения снижения функциональной активности головного мозга. Так, в соревновательный период регистрировали наиболее низкие значения ИВВ по сравнению с оптимальным психоэмоциональным состоянием спортсменов в подготовительном периоде (табл. 1).

Проведение психологической коррекции с использованием методов ЭЭГ-тренинга и VR-терапии показало значительное снижение функционального напряжения

Таблица 1

Показатели расчетных значений ИВВ на основании данных ЭЭГ в трех группах спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта

Table 1

Indicators of calculated values of index of the severity of the waves based on EEG data in three groups of athletes participating in extreme sports

Диапазоны ритмов ЭЭГ / EEG rhythm ranges	Контрольная группа / Control group	BFB-группа / BFB group	Vr-группа / Vr group
	Индексы, % (M [Q1-Q3])		
ИВВ фон / WII background	83,5 [81,5-85,4]	82,7 [81,1-84,5]	82,1 [81,0-83,3]
ИВВ в период соревнований / WII during competition period	65,2 [62,1-68,3]	63,2 [60,4-66,0]	62,0 [59,0-64,7]

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

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

регуляторных систем организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта. Ниже представлены средние значения ИВВ в трех группах спортсменов, где спектральная мощность показана при расчете ИВВ после курса психокоррекции. Средняя спектральная мощность в контрольной, Vr- и BFB группах до психотерапии при расчете ИВВ составила 65,2, 62 и 63,2 %, после терапии — 60,7, 68,4 и 68 % соответственно. Математическая обработка спектральных данных ЭЭГ с расчетом ИВВ показала статистически значимые изменения индексов ( $KW-H(2;104) = 14,7; p = 0,0007; F(2;101) = 8,48; p = 0,0004$ ) контрольной группы с группами BFB и Vr (рис. 1).

В контрольной группе спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта, спектральная мощность дельта-ритма была умеренно повышена, тогда как показатели в альфа-диапазоне были в 2,7 раза ниже по сравнению с группами, прошедшими процедуру

психокоррекции (табл. 2). Индекс дельта-ритма в первой группе на 21 и 18 % превышал этот же показатель в группах с коррекцией, а индекс альфа-ритма был на 29 и 23 % ниже по сравнению с BFB- и Vr-группами соответственно (табл. 2).

Для спортсменов, распределенных во вторую и третью группы, после процедур психокоррекции в 65,6 % ( $n = 32$ , BFB) и 73,8 % ( $n = 42$ , Vr) случаев наблюдали ожидаемую электрофизиологическую динамику в виде нарастания мощности спектров ЭЭГ в альфа- и снижения в дельта-диапазоне, что проявилось в росте индивидуальных ИВВ-спектров мощности ЭЭГ. Средние значения ИВВ спортсменов второй группы (BFB) с положительной электрофизиологической динамикой выросли у 21 (65,6 %), а третьей группы (Vr) — у 31 (73,8 %) испытуемого соответственно. Тогда как в контрольной группе, без процедур психокоррекции, регистрировали самовосстановление у 9 (30 %) спортсменов, а в 70 % случаев наблюдали обратную динамику индивидуальных ИВВ-расчетов спектральных показателей мощности ЭЭГ, что было обусловлено преобладанием роста мощности спектров в дельта-диапазоне и умеренным снижением мощности спектров в альфа-диапазоне.

Учитывая, что целью коррекции является снижение психоэмоционального напряжения спортсменов, в нашем исследовании мы выбрали соотношение спектров мощности ЭЭГ во всех диапазонах ИВВ. Это предоставило возможность уточнить индивидуальные физиологические особенности организма спортсменов с ожидаемой ЭЭГ-реакцией (73,8 и 65,6 % случаев) и с парадоксальной ЭЭГ-реакцией (26,2 и 34,4 % случаев) при психокоррекции методами VR-терапии ( $KW-H(2;30) = 21,27; p = 0,0000; F(2;27) = 55,4284; p = 0,0000$ ) и ЭЭГ-тренингом ( $KW-H(2;33) = 22,73; p = 0,0000; F(2;30) = 43,95; p = 0,0000$ ) соответственно (рис. 2).

Математическая обработка спектральных данных ИВВ-результатов в трех исследованиях показала

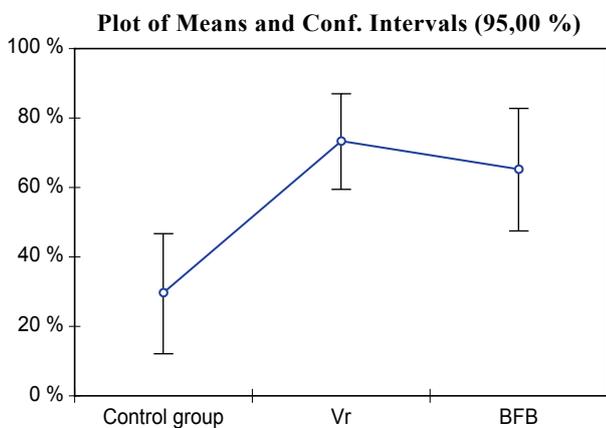


Рис. 1. Характеристика индексов выраженности волн ЭЭГ в испытуемых группах: контрольная, Vr и BFB

Fig. 1. Characteristics of EEG wave intensity indices in the test groups: control group, Vr and BFB

Таблица 2

Характеристика спектрально-временных данных ЭЭГ в альфа- и дельта-диапазоне в трех подгруппах спортсменов после психокорригирующих процедур

Table 2

Characteristics of spectral-temporal EEG data in the alpha and Delta ranges in three subgroups of athletes after psychocorrective procedures

Диапазоны ритмов ЭЭГ / EEG rhythm ranges	Контрольная группа / Control group	VFB-группа / VFB group	Vr-группа / Vr group
	Спектральная мощность, мкВ <sup>2</sup> /Гц / Spectral power, μV <sup>2</sup> / Hz (M [Q1-Q3])		
Альфа М / Alpha M	28 [21-36]	76 [45-108]	76 [52-100]
Дельта 1 М / Delta M	60 [42-78]	38 [31-45]	49 [40-58]
	Индексы, % / Indices,% (M [Q1-Q3])		
Альфа U / Alpha U	27 [23-30]	38 [34-42]	35 [31-40]
Дельта 1 U / Delta 1 U	33 [29-35]	26 [24-30]	27 [24-29]

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

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

статистически значимые изменения индексов — только в контрольной группе (KW-H(2;63) = 46,51;  $p = 0,0000$ ; F(2;60) = 78,81;  $p = 0,0000$ ), что подтверждает отрицательную динамику психоэмоционального состояния,

тогда как в группах проходящих психокоррекцию достоверность различий между оценками перед началом и после проведения коррекции отсутствовала ( $p < 0,05$ ).

Анализ парадоксальной реакции у спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта, показал существенное снижение выраженности отрицательной динамики в ответ на психокоррекцию и замедление роста мощности в частоте доминирующего дельта-ритма по сравнению с группой контроля (рис. 2).

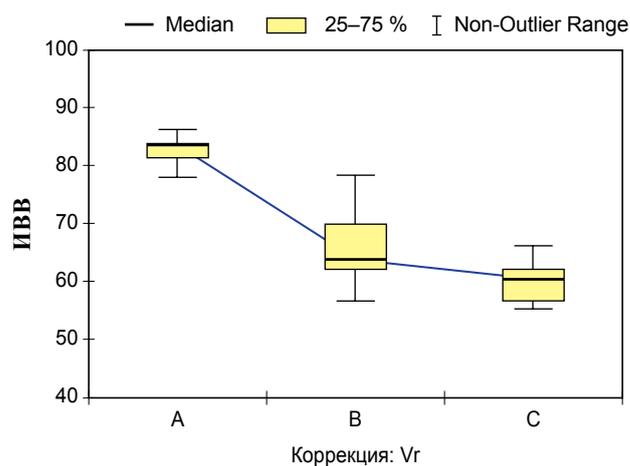
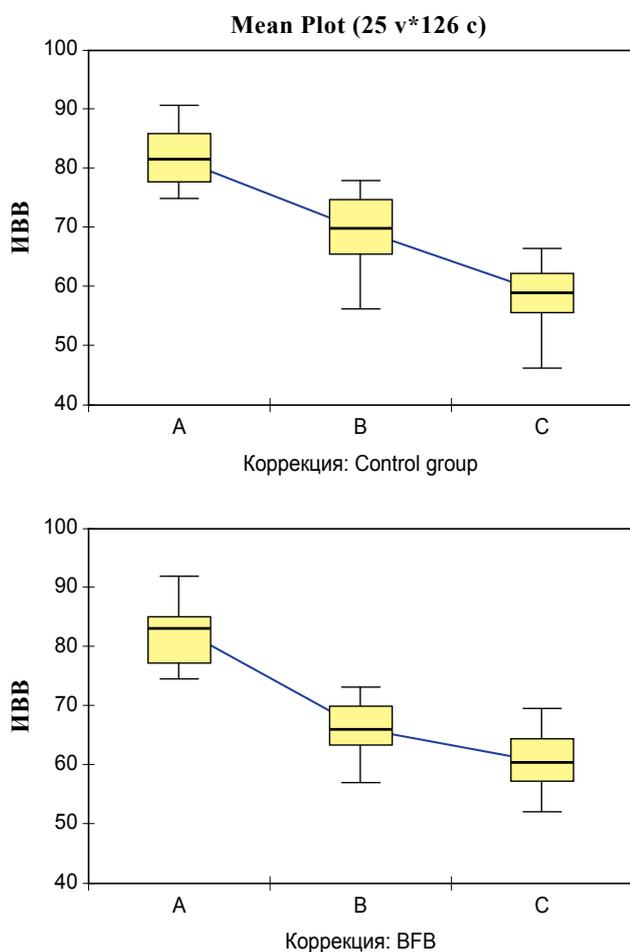


Рис. 2. Характеристика индексов выраженности волн ЭЭГ с отсутствием эффективной психокоррекции в испытуемых группах (контрольная, VFB и Vr). А — фоновое обследование; В — обследование перед началом коррекции; С — после курса психокоррекции

Fig. 2. Characteristics of EEG wave severity indices with no effective psychocorrection in the test groups (control group, VFB and Vr). A — background examination; B — examination before the start of correction; C — after the course of psychocorrection

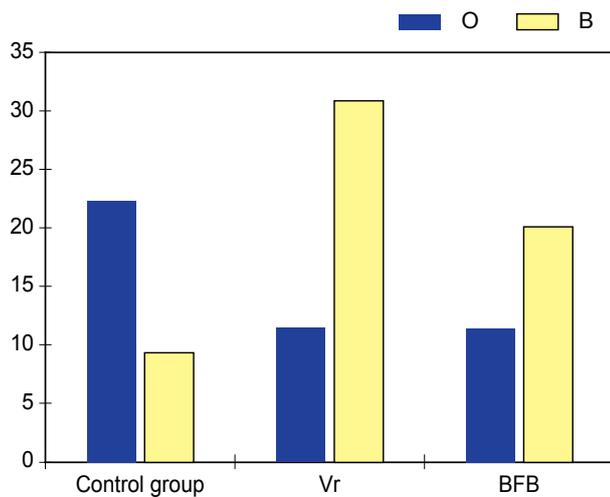


Рис. 3. Распределение частоты ответов (О — отрицательный, В — положительный) на психокоррекцию в исследуемых группах: контрольная, Vr и BFB ( $p < 0,05$ )

Fig. 3. Responses rate distribution (O — negative, B — positive) to psychocorrection in the study groups: control group, BFB and Vr ( $p < 0.05$ )

Изменение характеристики альфа- и дельта-ритма в динамике дает возможность рассмотреть процессы, происходящие в головном мозге и связанные с психоэмоциональным напряжением. Однако определение общих критериев абсолютной и относительной спектральной мощности ритмов ЭЭГ вызывает сложность, так как альфа- и дельта-ритм в значительной мере характеризуются индивидуальными особенностями, в связи с чем мы использовали соотношения мощности ритмов ЭЭГ в различных диапазонах [18, 19].

Результаты исследования показали превосходство в эффективности (8,2 %) при коррекции методом VR-терапии (73,8 %) в сравнении с ЭЭГ-тренингом (65,6 %) по итогам исследования до и после психокоррекции с помощью косвенного электрофизиологического ИВВ-критерия, характеризующего активность центральной нервной системы, в виде суммарной биоэлектрической активности (рис. 3).

Спортсмены с ожидаемой электрофизиологической реакцией ответили на психокоррекцию (VR-терапия и ЭЭГ-тренинг) ростом мощности спектров ЭЭГ в частоте доминирующего альфа-ритма.

Парадоксальная электрофизиологическая реакция на проводимую терапию позволила выявить спортсменов, не подверженных психокоррекции. Возможно, это связано с длительностью нахождения атлетов в психоэмоциональном напряжении и поздним проведением процедур ЭЭГ-тренинга и VR-терапии. Нам представляется, что проведение психокорректирующих процедур тем эффективнее, чем раньше они начаты. Данные спортсмены не смогли ответить на психокоррекцию ростом мощности в частоте доминирующего альфа-ритма. В настоящее время известно, что дельта-ритм

регистрируется при увеличении активности ЦНС в условиях психоэмоционального напряжения [19]. В связи с этим некоторые авторы рассматривают неокортикальный дельта-ритм как отражение возбуждения состояний ЦНС, а генерализованную ритмическую дельта-активность — как свидетельство психоэмоционального напряжения функций коры и подчинения ее активности древним лимбическим системам мозга [19].

Несмотря на наличие парадоксальной электрофизиологической реакции спектральной мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне, статистически достоверных различий индексов ЭЭГ в дельта- и альфа-диапазоне после курса психокоррекции методами ЭЭГ-тренинга и VR-терапии в подгруппах спортсменов выявлено не было.

При сравнении групп, проходящих психокоррекцию (BFB, Vr), и контрольной зарегистрировали статистически достоверные ( $p = 0,00003$ ) различия индексов ЭЭГ в альфа- и дельта-диапазоне и соотношения ИВВ до и после курса психокоррекции.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что при расчете показателя ИВВ спектров ЭЭГ возможно определить особенности психоэмоционального напряжения и оценить реактивность организма спортсменов на психокорректирующие процедуры.

В результате курса психокоррекции, ассоциированного с ростом мощности спектров ЭЭГ в частоте доминирующего альфа-ритма, у 70,3 % спортсменов регистрируется положительная динамика с улучшением психоэмоционального состояния. Благоприятное развитие соотношения индексов ЭЭГ (ИВВ) свидетельствует о вовлечении церебрального резерва за счет перераспределения очагов возбуждения в головном мозге. Наличие парадоксальной реакции в виде отсутствия значимого роста спектральной мощности ИВВ позволяет выявить спортсменов, находящихся длительное время в психоэмоциональном напряжении.

#### 4. Выводы

1. Количественный критерий индекса выраженности волн (ИВВ) является универсальным информативным показателем функциональной активности головного мозга для оценки эффективности проводимой психокоррекции, направленной на оптимизацию психоэмоционального состояния.

2. Психокоррекция спортсменов методами ЭЭГ-тренинга и VR-терапии обеспечивает эффективность в 73,8 и 65,6 % случаев, что значительно смягчает предстартовое напряжение вследствие уменьшения тревожности и восстановления психоэмоционального состояния организма до оптимального уровня за счет вовлечения психологического резерва по сравнению с контрольной группой.

3. Парадоксальная реакция регистрируется у 29,7 % спортсменов и косвенно свидетельствует о снижении функционального резерва головного мозга вследствие хронического психоэмоционального напряжения.

**Вклад авторов:**

**Пустовойт Василий Игоревич** — концепция и дизайн исследования, подготовка текста статьи, редактирование.

**Назарян Светлана Евгеньевна** — сбор и обработка материала.

**Адоева Елена Яковлевна** — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных.

**Ключников Михаил Сергеевич** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных.

**Кириченко Николай Андреевич** — подготовка текста статьи, сбор и обработка материала.

**Самойлов Александр Сергеевич** — редактирование.

**Authors' contributions:**

**Vasily I. Pustovoit** — study design and concept, manuscript preparation, editing.

**Svetlana E. Nazaryan** — collection and processing of the material.

**Elena Ya. Adoeva** — collection and processing of the material, statistical processing of the data.

**Mikhail S. Klyuchnikov** — manuscript preparation, collection and processing of the material, statistical processing of the data.

**Nikolay A. Kirichenco** — manuscript preparation, collection and processing of the material.

**Aleksandr S. Samoilov** — editing.

**Список литературы**

1. Пустовойт В.И., Самойлов А.С., Назарян С.Е., Евсеев Р.А. Электроэнцефалографические особенности спектральных характеристик психоэмоционального состояния спортсменов, экстремальных видов спорта. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2020;(1):58–65.
2. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Tranaeus U., Stenling A., Lindwall M. Psychosocial factors and sport injuries: meta-analyses for prediction and prevention. Sports Med. 2017;47(2):353–365. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0578-x>
3. Ключников М.С., Разумец Е.И. Мониторинг психофизиологического состояния спортсменов на УТС. Спортивный психолог. 2016;(4(43)):16–21.
4. Li C., Zhu Y., Zhang M., Gustafsson H., Chen T. Mindfulness and athlete burnout: a systematic review and meta-analysis. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018;16(3):449. doi: 10.3390/ijerph16030449
5. Liberzon I., Abelson J.L. Context Processing And The Neurobiology Of Post-Traumatic Stress Disorder. Neuron. 2016;92(1):14–30. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.09.039>
6. Mehrsafar A.H., Serrano Rosa M.A., Moghadam Zadeh A., Gazerani P. Stress, Professional Lifestyle, and Telomere Biology in Elite Athletes: A Growing Trend in Psychophysiology of Sport. Front. Psychol. 2020;11:567214. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.567214>
7. Nixdorf I., Beckmann J., Nixdorf R. Psychological Predictors for Depression and Burnout Among German Junior Elite Athletes. Front. Psychol. 2020;11:601. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00601>
8. Singh H., Conroy D.E. Systematic review of stress-related injury vulnerability in athletic and occupational contexts. Psychol. Sport Exerc. 2017;33:37–44. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.08.001>
9. Agorastos A., Nicolaides N.C., Bozikas V.P., Chrousos G.P., Pervanidou P. Multilevel interactions of stress and circadian system: implications for traumatic stress. Front Psychiatry. 2020;10:1003. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01003>
10. Mehrsafar A.H., Serrano Rosa M.A., Moghadam Zadeh A., Gazerani P. Stress, Professional Lifestyle, and Telomere Biology in Elite Athletes: A Growing Trend in Psychophysiology of Sport. Front. Psychol. 2020;11:567214. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.567214>
11. 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;(1):67–75.

**References**

1. Pustovoit V.I., Samoilov A.S., Nazaryan S.E., Evseev R.A. Electroencephalographic features of spectral characteristics of the psychoemotional state of athletes, extreme sports. Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina [Therapeutic physical culture and sports medicine]. 2020;(1):58–65 (In Russ.).
2. Ivarsson A., Johnson U., Andersen M.B., Tranaeus U., Stenling A., Lindwall M. Psychosocial factors and sport injuries: meta-analyses for prediction and prevention. Sports Med. 2017;47(2):353–365. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0578-x>
3. Klyuchnikov M.S., Razumets E.I. Monitoring of the functional and psycho-physiological state of athletes at the training center. Sportivnyi psikholog = Sports Psychologist. 2016;(4):16–21 (In Russ.).
4. Li C., Zhu Y., Zhang M., Gustafsson H., Chen T. Mindfulness and athlete burnout: a systematic review and meta-analysis. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018;16(3):449. doi: 10.3390/ijerph16030449
5. Liberzon I., Abelson J.L. Context Processing And The Neurobiology Of Post-Traumatic Stress Disorder. Neuron. 2016;92(1):14–30. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.09.039>
6. Mehrsafar A.H., Serrano Rosa M.A., Moghadam Zadeh A., Gazerani P. Stress, Professional Lifestyle, and Telomere Biology in Elite Athletes: A Growing Trend in Psychophysiology of Sport. Front. Psychol. 2020;11:567214. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.567214>
7. Nixdorf I., Beckmann J., Nixdorf R. Psychological Predictors for Depression and Burnout Among German Junior Elite Athletes. Front. Psychol. 2020;11:601. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00601>
8. Singh H., Conroy D.E. Systematic review of stress-related injury vulnerability in athletic and occupational contexts. Psychol. Sport Exerc. 2017;33:37–44. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.08.001>
9. Agorastos A., Nicolaides N.C., Bozikas V.P., Chrousos G.P., Pervanidou P. Multilevel interactions of stress and circadian system: implications for traumatic stress. Front Psychiatry. 2020;10:1003. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01003>
10. Mehrsafar A.H., Serrano Rosa M.A., Moghadam Zadeh A., Gazerani P. Stress, Professional Lifestyle, and Telomere Biology in Elite Athletes: A Growing Trend in Psychophysiology of Sport. Front. Psychol. 2020;11:567214. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.567214>
11. Pustovoit V.I., Samoilov A.S., Nikonov R.V. Features of infectious pathology in athletes-divers in difficult climatic conditions. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: science and practice. 2020;(1):67–75 (In Russ.).

12. Медицинское оборудование для диагностики, нейрофизиологии и реабилитации «Энцефалан ЭЭГ-19/26». Медиком МТД [Интернет]. Режим доступа: <http://medicom-mtd.com/> (дата обращения 29.10.2020).
13. **Balcombe L., De Leo D.** Psychological Screening and Tracking of Athletes and Digital Mental Health Solutions in a Hybrid Model of Care: Mini Review. *JMIR Form. Res.* 2020;4(12):22755. <https://doi.org/10.2196/22755>
14. **Frewen P., Mistry D., Zhu J., Kielt T., Wekerle C., Lanius R.A., Jetl R.** Proof of Concept of an Eclectic, Integrative Therapeutic Approach to Mental Health and Well-Being Through Virtual Reality Technology. *Front Psychol.* 2020;11:858. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00858>
15. **Krohn S., Tromp J., Quinque E.M., Belger J., Klotzsche F., Rekers S., et al.** Multidimensional Evaluation of Virtual Reality Paradigms in Clinical Neuropsychology: Application of the VR-Check Framework. *J. Med. Internet Res.* 2020;22(4):e16724. <https://doi.org/10.2196/16724>
16. **Teo W.P., Muthalib M., Yamin S., Hendy A.M., Bramstedt K., Kotsopoulos E., et al.** Does a Combination of Virtual Reality, Neuromodulation and Neuroimaging Provide a Comprehensive Platform for Neurorehabilitation? - A Narrative Review of the Literature. *Front. Hum. Neurosci.* 2016;10:284. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00284>
17. Электронный учебник по статистике «StatSoft» [Интернет]. Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (дата обращения 08.11.2020).
18. **Зенков Л.Р.** Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): руководство для врачей. Москва: МЕДпрессинформ; 2018. 360 с.
19. **Furtunato A.M.B., Lobão-Soares B., Tort A.B.L., Belchior H.** Specific Increase of Hippocampal Delta Oscillations Across Consecutive Treadmill Runs. *Front. Behav. Neurosci.* 2020;14:101. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.00101>
12. Medical equipment for diagnostics, neurophysiology and rehabilitation “Encephalan EEG-19/26”. *Medicom MTD* [Internet]. Available at: <http://medicom-mtd.com/> (accessed 29.10.2020). (In Russ.).
13. **Balcombe L., De Leo D.** Psychological Screening and Tracking of Athletes and Digital Mental Health Solutions in a Hybrid Model of Care: Mini Review. *JMIR Form. Res.* 2020;4(12):22755. <https://doi.org/10.2196/22755>
14. **Frewen P., Mistry D., Zhu J., Kielt T., Wekerle C., Lanius R.A., Jetl R.** Proof of Concept of an Eclectic, Integrative Therapeutic Approach to Mental Health and Well-Being Through Virtual Reality Technology. *Front Psychol.* 2020;11:858. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00858>
15. **Krohn S., Tromp J., Quinque E.M., Belger J., Klotzsche F., Rekers S., et al.** Multidimensional Evaluation of Virtual Reality Paradigms in Clinical Neuropsychology: Application of the VR-Check Framework. *J. Med. Internet Res.* 2020;22(4):e16724. <https://doi.org/10.2196/16724>
16. **Teo W.P., Muthalib M., Yamin S., Hendy A.M., Bramstedt K., Kotsopoulos E., et al.** Does a Combination of Virtual Reality, Neuromodulation and Neuroimaging Provide a Comprehensive Platform for Neurorehabilitation? - A Narrative Review of the Literature. *Front. Hum. Neurosci.* 2016;10:284. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00284>
17. Electronic textbook on statistics “StatSoft” [Internet]. Available at: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (accessed at 08 November 2020). (In Russ.).
18. **Zenkov L.R.** Clinical electroencephalography (with elements of epileptology): guide for doctors. Moscow: Medpressinform Publ.; 2018. 360 p. (In Russ.).
19. **Furtunato A.M.B., Lobão-Soares B., Tort A.B.L., Belchior H.** Specific Increase of Hippocampal Delta Oscillations Across Consecutive Treadmill Runs. *Front. Behav. Neurosci.* 2020;14:101. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.00101>

#### Информация об авторах:

**Пустовойт Василий Игоревич\***, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3396-5813> ([vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru))

**Назарян Светлана Евгеньевна**, заведующая отделением спортивной психологии ЦСМиР ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6199-872X> ([sveta-nazaryan@yandex.ru](mailto:sveta-nazaryan@yandex.ru))

**Адоева Елена Яковлевна**, к.б.н., доцент, доцент кафедры биологии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5156-4242> ([adoeva@mail.ru](mailto:adoeva@mail.ru))

**Ключников Михаил Сергеевич**, к.б.н., заведующий лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8308-4278> ([kljuchnikov@me.com](mailto:kljuchnikov@me.com))

**Кириченко Николай Андреевич**, ординатор кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела МБУ ИНО «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-2197> ([K9160771275@yandex.ru](mailto:K9160771275@yandex.ru))

**Самойлов Александр Сергеевич**, д.м.н., член-корреспондент Российской академии наук, профессор, генеральный директор ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Россия, Москва, ул. Маршала Новикова, 23. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> ([dircsm1@aim.com](mailto:dircsm1@aim.com))

**Information about the authors:**

**Vasily I. Pustovoyt\***, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3396-5813> ([vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru))

**Svetlana E. Nazaryan**, Head of the Department of Sports Psychology of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6199-872X> ([sveta-nazaryan@yandex.ru](mailto:sveta-nazaryan@yandex.ru))

**Elena Ya. Adoeva**, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Biology of the S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev str., St. Petersburg, 194044, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5156-4242> ([adoeva@mail.ru](mailto:adoeva@mail.ru))

**Mikhail S. Klyuchnikov**, Ph.D. (Biology), Head of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8308-4278> ([kljuchnikov@me.com](mailto:kljuchnikov@me.com))

**Nikolay A. Kirichenco**, Resident of the Department of Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy with a course of nursing of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-2197> ([K9160771275@yandex.ru](mailto:K9160771275@yandex.ru))

**Aleksandr S. Samoilov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, General Director of Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 23, Marshal Novikov str., Moscow, 123098, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238> ([dircsml1@aim.com](mailto:dircsml1@aim.com))

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Blank page with horizontal dashed lines for writing.

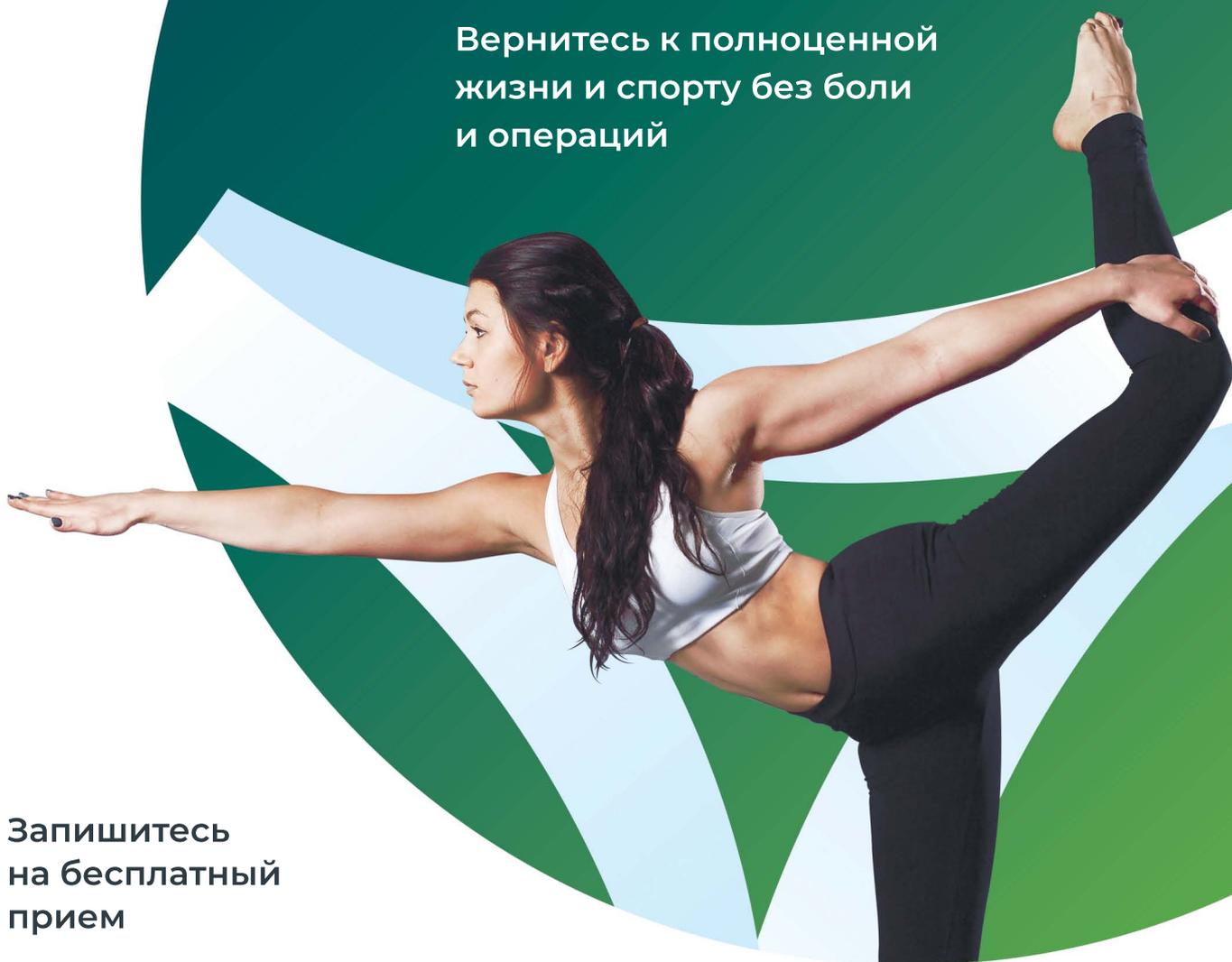


RēMEDICA

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)

