



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



ЛУЖНИКИ



УЧРЕДИТЕЛЬ:

ОАО «Олимпийский комплекс «ЛУЖНИКИ»

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова  
(Сеченовский Университет)

Российская ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов (РАСМИРБИ)

Паралимпийский комитет России (ПКР)

# Спортивная медицина: наука и практика

## научно-практический журнал

### 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, член общественного совета Росздравнадзора (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)

**Машковский Е.В.** – к.м.н., доцент каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), профессиональный переводчик в сфере профессиональной коммуникации (медицина) (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., директор Научно-исследовательского центра, 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*)\*

**Серета А.П.** – д.м.н., профессор каф. восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины (курортология и физиотерапия) Института повышения квалификации ФМБА России, зам. руководителя 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-Т» (Россия, Москва)

**Харламов Е.В.** – проф., д.м.н., зав. каф. физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины РостГМУ (Россия, Ростов-на-Дону)

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Бернарди Марко** – доктор медицины, профессор каф. физиологии и фармакологии «Витторио Эрспамер» Университета Сапиенца (Италия, Рим)

**Вулкан Шери** – доктор медицины, профессор каф. наук о здоровье и специалистов в области здравоохранения Университета Хофстра (США, Нью-Йорк)

**Выходец И.Т.** – к.м.н., доцент, главный внештатный специалист по спортивной медицине Минздрава РФ в Центральном федеральном округе, член Комиссии по спортивному праву Ассоциации юристов России (Россия, Москва)

**Иванова Г.Е.** – проф., д.м.н., зав. каф. медицинской реабилитации ФДПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, главный специалист по медицинской реабилитации Минздрава России (Россия, Москва)

**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)

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

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



**Founded by:**  
Olympic Complex «LUZHNIKI»

**Supported by:**  
Sechenov First Moscow State Medical University  
(Sechenov University)  
Russian Association of Sports Medicine and  
Rehabilitation of Patients and the Disabled  
Russian Paralympic Committee

# Sports Medicine: Research and Practice

research and practical journal

## 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, Member of the Public Council of the Federal Service for Surveillance in Healthcare (Moscow, Russia)

## ASSOCIATE EDITORS:

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

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

**Evgeny Mashkovskiy** – M.D., Ph.D. (Medicine), M.Sc. (Linguistics), Associate Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Professional Interpreter in Medical Communications (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. Yev-

dokimov 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 Asfendiyaev Kazakh National Medical University (Almaty, Kazakhstan)

**Anatoliy Landyr** – M.D., Ph.D. (Medicine), Associate 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., Director of the Research Center, Head of the Department of Human Anatomy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russia) (*Biomedical Science*)\*

**Areg Hovhannisyán** – 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, Deputy Head 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

**Evgeny Kharlamov** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Physical Education, Physical Therapy and Sports Medicine of the Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia)

## EDITORIAL COUNCIL:

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

**Sherry Wulkan** – M.D., Adjunct Professor of the Department of Health Sciences and Health Professions of the Hofstra University (New-York, USA)

**Igor Vykhodets** – M.D., Ph.D. (Medicine), Main Sports Medicine Out-Of-Staff Specialist of the Ministry of Public Health on Central Federal District of Russian Federation, Member of Sports Law Commission of the Lawyers Association of Russia (Moscow, Russia)

**Galina Ivanova** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Medical Rehabilitation of the Additional Professional Education Faculty of the Pirogov Russian National Research Medical University, Senior Expert (Medical Rehabilitation) of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow, Russia)

**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 гигиена
- Спортивное питание
- Спортивная психология
- Спортивная травматология
- Фармакологическая поддержка
- Физиология и биохимия спорта
- Функциональная диагностика

**Виды публикуемых материалов:**

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

**Издатель:**

**Р**ОО Издательский дом  
«Русский врач»  
119270, Россия, г. Москва  
ул. 3-я Фрунзенская, д. 6  
Тел.: +7 (499) 248-08-21  
E-mail: info@rusvrach.ru

**Заведующая редакцией журнала:**

Иовлева Александра Дмитриевна  
Тел.: +7 (963) 630-95-30  
E-mail: info@smjournal.ru

**Отдел подписки:**

Самойлов Геннадий Борисович  
Тел.: +7 (905) 702-45-32  
E-mail: podpiska@rusvrach.ru

**Отдел рекламы:**

Данилова Надежда Григорьевна  
Тел.: +7 (915) 313-32-22  
E-mail: pr-median@ya.ru

**Сайт:**

smjournal.ru  
rusvrach.ru

Подписано в печать 13.09.2018  
Формат 60x90 / 8  
Тираж 1000 экз.  
Цена договорная

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-43704 от 24 января 2011 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.

Перепечатка опубликованных в журнале материалов допускается только с разрешения редакции. При использовании материалов ссылка на журнал обязательна. 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

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Физиология и биохимия спорта**

- З.Н. Кривошапкина, Г.Е. Миронова, Е.И. Семёнова, Л.Д. Олесова, А.И. Яковлева, Л.И. Константинова**  
Оценка адаптации борцов вольного стиля в зависимости от тренировочного цикла и спортивной квалификации по клиническим показателям крови ..... 5
- А.Ю. Людина, Е.А. Бушманова, Т.П. Логинова, Н.Г. Варламова, Е.Р. Бойко**  
Скорость окисления жиров у лыжников-гонщиков в состоянии покоя и при физической нагрузке «до отказа» ..... 13
- С.В. Копылова, А.Н. Овчинников, М.А. Шабалин, А.В. Дерюгина, В.Н. Крылов, В.Г. Кузьмин, Д.И. Воронин, О.В. Шабалина**  
Исследование совместного действия кофермента Q10 и маточного молочка на некоторые гематологические и спирометрические показатели высококвалифицированных спортсменов ..... 20
- С.Я. Класина**  
Продолжительность физической работы до отказа и ее «физиологическая цена» у испытуемых с различной направленностью изменения легочной вентиляции после курса гиповентиляционных тренировок ..... 28
- В.В. Кальсина, А.Н. Налобина**  
Особенности регуляции сердечной деятельности теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата в условиях соревновательного стресса ..... 34

**Функциональная диагностика**

- О.В. Калабин, А.П. Спицин**  
Периферическая гемодинамика нижних конечностей пауэрлифтеров ..... 42
- О.П. Мамаева, Н.Е. Павлова, А.М. Подлесов, А.А. Хильчук, А.М. Сарана, С.Г. Щербак**  
Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов ..... 49

**Врачебный контроль**

- Е.А. Гаврилова, М.В. Аскарова, Е.П. Минеева**  
Двустворчатый аортальный клапан и спорт ..... 59

**Фармакологическая поддержка**

- А.В. Воронков, Д.И. Поздняков, В.М. Руковицина, Э.Т. Оганесян**  
Некоторые аспекты безопасности и фармакологической эффективности (влияние на мышечную дисфункцию) новых производных хромон-3-альдегида ..... 65

**Спортивная психология**

- Л.М. Довжик, Г.Н. Тихонов, К.А. Бочавер**  
Эмпирическая типология травмированных спортсменов: психологические ресурсы и риски ..... 72

**Спортивное питание**

- Н.Н. Денисова, А.В. Погожева, Э.Э. Кешабянц**  
Особенности питания спортсменов силовых видов спорта ..... 81
- Ф.Б. Литвин, Т.М. Брук, П.А. Терехов, И.А. Прохода, Д.Б. Никитюк, С.В. Ключкова**  
Влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков ..... 88

**Неотложные состояния**

- О.С. Ларинцева**  
Скрининг спортсменов на предмет внезапной сердечной смерти в разных странах. История и современность ..... 96

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
**eLIBRARY.RU**

**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

**РУКОНТ**  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

**INFOBASE INDEX**

**Crossref**

**Scientific Indexing Services**

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL



**FEATURED TOPICS:**

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

**TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:**

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

**Publisher:**



«Russkiy Vrach»  
Publishing House

6 - 3d Frunzenskaya St., Moscow, Russia  
119270  
Phone: +7 (499) 248-08-21  
E-mail: info@rusvrach.ru

**Managing editor:**

Aleksandra Iovleva  
Mobile: +7 (963) 630-95-30  
E-mail: info@smjournal.ru

**Subscription department:**

Gennadiy Samoylov  
Mobile: +7 (905) 702-45-32  
E-mail: podpiska@rusvrach.ru

**Advertising department:**

Nadezhda Danilova  
Mobile: +7 (915) 313-32-22  
E-mail: pr-median@ya.ru

**Websites:**

smjournal.ru  
rusvrach.ru

Subscribed into printing 13.09.2018  
60x90 / 8 Format  
1000 Copies

Media Outlet Registration Certificate PI № FS77-43704; Jan 24, 2011.

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.

Overprinting of published in the journal materials is prohibited without permission of chief editor. In use of the materials the reference to journal is obligatory. 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

**CONTENTS**

**Sports Physiology and Biochemistry**

- Zoya N. Krivoshapkina, Galina E. Mironova, Evgeniya I. Semenova, Lyubov D. Olesova, Aleksandra I. Yakovleva, Lena I. Konstantinova*  
Evaluation of the adaptation of freestyle wrestlers depending of the training cycle and sports qualification in accordance with clinical blood parameters ..... 5
- Aleksandra Yu. Lyudinina, Ekaterina A. Bushmanova, Tatyana P. Loginova, Nina G. Varlamova, Evgeny R. Boyko*  
The fat oxidation rate at rest and under exercise load «until exhaustion» in Nordic skiers ..... 13
- Svetlana V. Kopylova, Aleksandr N. Ovchinnikov, Mikhail A. Shabalina, Anna V. Deryugina, Vasily N. Krylov, Vadim G. Kuzmin, Denis I. Voronin, Olga V. Shabalina*  
Study of the joint action of coenzyme Q10 and royal jelly on the hematological and spirometric indicators in the elite athletes. .... 20
- Svetlana Ya. Klassina*  
The duration of physical work to failure and its «physiological price» in subjects with the different directionality of change in pulmonary ventilation after a course of hypoventilation training ..... 28
- Victoria V. Kalsina, Anna N. Nalobina*  
Characteristics of cardiac regulation of tennis players with physical impairments in competition ..... 34

**Functional Testing**

- Oleg V. Kalabin, Anatoly P. Spitsin*  
The peripheral hemodynamics of the lower extremities of powerlifters ..... 42
- Olga P. Mamaeva, Nataliya E. Pavlova, Aleksandr M. Podlesov, Anton A. Khilchuk, Andrey M. Sarana, Sergey G. Shcherbak*  
The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes. .... 49

**Medical control**

- Elena A. Gavrilova, Maria V. Askarova, Elena P. Mineeva*  
Bicuspid aortic valve and sport ..... 59

**Sports Pharmacology**

- Andrey V. Voronkov, Dmitry I. Pozdnyakov, Viktoriya M. Rukovitsyna, Eduard T. Oganessian*  
Safety and pharmacological efficiency (influence on muscular dysfunction) of new derivatives of chromon-3-aldehyde ..... 65

**Sports Psychology**

- Lydia M. Dovzhik, Gleb N., Tikhonov, Konstantin A. Bochaver*  
Empirical typology of injured athletes: psychological resources and risks ..... 72

**Sports Supplements**

- Natalia N. Denisova, Alla V. Pogozeva, Evelina E. Keshabyants*  
Nutritional habits of athletes in speed-and-strength sports ..... 81
- Fedor B. Litvin, Tatyana M. Bruk, Pavel A. Terekhov, Irina A. Prokhoda, Dmitry B. Nikityuk, Svetlana V. Klochkova*  
Effect of biologically active additives based on the homogenate of drone larvae on microcirculation and metabolism in Nordic skiers ..... 88

**Prehospital Care and Emergency Medicine**

- Olga S. Larintseva*  
Athlete's screening for sudden cardiac death in different countries. History and recent days ..... 96

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**

**SIS**  
Scientific Indexing Services

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL



DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.5

УДК: 613.72:796.81.071.2

## Оценка адаптации борцов вольного стиля в зависимости от тренировочного цикла и спортивной квалификации по клиническим показателям крови

*З.Н. Кривошапкина<sup>1</sup>, Г.Е. Миронова<sup>2</sup>, Е.И. Семёнова<sup>1</sup>, Л.Д. Олесова<sup>1</sup>,  
А.И. Яковлева<sup>1</sup>, Л.И. Константинова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУН Якутский научный центр комплексных медицинских проблем,  
Федеральное агентство научных организаций РФ, г. Якутск, Россия  
<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
Министерство образования и науки РФ, г. Якутск, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить адаптацию борцов вольного стиля по клиническим показателям крови в зависимости от тренировочного цикла и квалификации спортсменов. **Материалы и методы:** у 102 борцов вольного стиля в возрасте 18-24 лет оценены клинические биохимические тесты и параметры периферической крови. Спортсмены разделены по этапам на три группы: тренировочный, перед и после соревнований, а также по квалификации: кандидат в мастера спорта и мастера спорта. **Результаты:** активность ферментов зависела от периода. Выявлена взаимосвязь периода с активностью  $\gamma$ -ГТ ( $r=-0,252$ ,  $p=0,030$ ), с уровнем триглицеридов ( $r=0,394$ ,  $p=0,001$ ) и коэффициентом де Ритиса ( $r=-0,235$ ,  $p=0,046$ ). Уровень холестерина был значимо высоким перед ( $5,15\pm 0,20$  ммоль/л,  $p=0,010$ ) и после соревнований ( $4,58\pm 0,12$  ммоль/л,  $p=0,021$ ) по сравнению с тренировочным этапом ( $4,27\pm 0,24$  ммоль/л). Активность ферментов и показателей белкового и углеводного обмена зависели от квалификации спортсменов. У борцов независимо от спортивного этапа был высоким показатель метаболического равновесия (коэффициент де Ритиса). Выявлено значимое увеличение сегментоядерных нейтрофилов перед соревнованиями ( $52,43\pm 1,61$  в %,  $p=0,032$ ) по сравнению с тренировочным этапом ( $46,32\pm 2,25$  в %). Лимфоциты значимо снижались перед соревнованиями ( $35,15\pm 1,71$  в %,  $p=0,050$ ) по сравнению с тренировочным этапом ( $41,94\pm 3,04$  в %). У 17% спортсменов в предсоревновательном периоде обнаружены условно-полиморфные стомы (УПС), после соревнований обнаружено у 6%. Базофильная зернистость зависела от тренировочного этапа. У 60% спортсменов высшей квалификации встречаются кодоциты. **Выводы:** клинические показатели крови у спортсменов зависели от периода тренировочного цикла, от квалификации и указывали как на тренированность, так и на утомленное состояние организма.

**Ключевые слова:** борцы, биохимические тесты, гематологические исследования, физические нагрузки, адаптация

**Для цитирования:** Кривошапкина З.Н., Миронова Г.Е., Семёнова Е.И., Олесова Л.Д., Яковлева А.И., Константинова Л.И. Оценка адаптации борцов вольного стиля в зависимости от тренировочного цикла и спортивной квалификации по клиническим показателям крови // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 5-12. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.5.

## Evaluation of the adaptation of freestyle wrestlers depending of the training cycle and sports qualification in accordance with clinical blood parameters

*Zoya N. Krivoshapkina<sup>1</sup>, Galina E. Mironova<sup>2</sup>, Evgeniya I. Semenova<sup>1</sup>, Lyubov D. Olesova<sup>1</sup>,  
Aleksandra I. Yakovleva<sup>1</sup>, Lena I. Konstantinova<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Yakut Science Centre of Complex Medical Problems, Yakutsk, Russia  
<sup>2</sup>North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia*

### ABSTRACT

**Objective:** to evaluate the adaptation of freestyle wrestlers according to clinical blood parameters, depending on the training cycle and qualification of athletes. **Materials and methods:** 102 freestyle wrestlers aged from 18 to 24 years undergone clinical biochemical tests with determination of peripheral blood parameters. The athletes were divided into three groups according to the competitive period: training, before and after the competition: and into two groups according to the qualification: a candidate for master of sports and a master of sports. **Results:** enzyme activity depended on the period. The relationship between the competitive period and the activity of  $\gamma$ -GT ( $r = -0.252$ ,  $p = 0.030$ ), the level of triglycerides ( $r = 0.394$ ,  $p = 0.001$ ) and de Ritis coefficient ( $r = -0.235$ ,  $p = 0.046$ ) was revealed. The cholesterol level before the competition was significantly higher ( $5.15 \pm 0.20$  mmol/L,  $p = 0.010$ ), and after the competition ( $4.58 \pm 0.12$  mmol/L,  $p = 0.021$ ) compared to the preparation stage ( $4.27 \pm 0.24$  mmol/L). The activity of enzymes

and indicators of protein and carbohydrate metabolism depended on the qualification of athletes. The wrestlers, regardless of the sports stage, had a high metabolic equilibrium (de Ritis coefficient). A significant increase in segment neutrophils before the competition ( $52.43 \pm 1.61\%$ ,  $p = 0.032$ ) compared with the training stage ( $46.32 \pm 2.25\%$ ) was revealed. Lymphocytes significantly decreased before the competition ( $35.15 \pm 1.71\%$ ,  $p = 0.050$ ) compared with the training stage ( $41.94 \pm 3.04\%$ ). In 17% of athletes in the pre-competition period, the conditionally polymorphic stoma (UPC) was found, after competition it was found in 6%. Basophilic granularity depended on the stage of learning. 60% of sportsmen of the highest qualification had codocytes. **Conclusions:** clinical parameters of blood in athletes depended on the period of the training cycle and on qualification of athletes, and indicated both training and tired state of the body.

**Key words:** wrestlers, biochemical tests, hematological studies, physical activity, adaptation

**For citation:** Krivoshapkina ZN, Mironova GE, Semenova EI, Olesova LD, Yakovleva AI, Konstantinova LI. Evaluation of the adaptation of freestyle wrestlers depending of the training cycle and sports qualification in accordance with clinical blood parameters. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):5-12. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.5.

### 1.1 Введение

У спортсменов, проживающих и занимающихся спортом в экстремальных климато-географических условиях высоких широт, показатели крови существенно отличаются от принятых референтных величин. В связи с чем, при интерпретации показателей крови необходим индивидуальный подход с учетом общего физического состояния, тренировочных этапов и квалификации данного спортсмена, что поможет своевременному выявлению признаков переутомления и принятию мер для проведения реабилитации [1-9].

Цель исследования. Оценить адаптацию борцов вольного стиля, занимающихся ациклическим видом спорта, по клиническим показателям крови в зависимости от периода и квалификации спортсменов.

### 1.2 Материалы и методы

На базе Училища олимпийского резерва и Школы высшего спортивного мастерства обследованы борцы вольного стиля ( $n=102$ ) в возрасте от 18 до 24 лет. Спортсмены были разделены по этапам на три группы: тренировочный, перед и после соревнований, а также по квалификациям: кандидат в мастера спорта и мастера спорта.

Исследование биохимических тестов в сыворотке крови проводили энзиматическим методом на биохимическом анализаторе «Labio 200» с использованием коммерческих реактивов «Analyticon» (Германия).

Определение активности ферментов: АсАТ (аспартатаминотрансферазы), АлАТ (аланинаминотрансферазы), ЛДГ (лактатдегидрогеназы),  $\gamma$ -ГТ ( $\gamma$ -гаммаглутамилтрансферазы), ЩФ (щелочной фосфатазы), КК (креатинфосфокиназы), уровней общего белка, глюкозы, общего холестерина (ХС), ХС ЛПВП (холестерина липопротеидов высокой плотности), триглицеридов (ТГ) проводили энзиматическим методом на автоматическом биохимическом анализаторе «Лабио 200» с использованием реактивов «Analyticon» (Германия).

ХС ЛПНП (холестерин липопротеидов низкой плотности) и ХС ЛПОНП (холестерин липопротеидов очень низкой плотности) рассчитывали по формуле Friedewald et al. [10]. За гиперхолестеринемию принимался уровень ХС  $\geq 5,0$  ммоль/л, повышенный уровень ХС ЛПНП  $\geq 3,0$  ммоль/л, сниженный уровень ХС ЛПВП  $\leq 1,0$  ммоль/л у мужчин и ХС ЛПВП  $\leq 1,2$  у

женщин. К гипертриглицеридемии относили уровень ТГ  $\geq 1,7$  ммоль/л.

Форменные элементы периферической крови в единице объема (1мкл) крови определяли на гематологическом полуавтоматическом анализаторе со встроенным дилутором – HC-5710 (производства США) с использованием реактивов фирмы J.T.BAKER (Нидерланды).

*In vitro* определяли следующие параметры периферической крови: концентрации лейкоцитов (White Blood Cell, WBC), эритроцитов (Red Blood Cell, RBC), гемоглобина (Hemoglobin, HGB), уровень гематокрита (Hematocrit, HCT), средний объем эритроцита (Mean Corpuscular Volum, MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (Mean Corpuscular Hemoglobin, MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, MCHC). Цветной показатель (ЦвП) вычисляли путем деления утроенного количества грамм-процент гемоглобина на две первые цифры числа эритроцитов.

Мазки крови фиксировали химически чистым метиловым спиртом (метанол) в течение 5 минут. Фиксированные мазки окрашивали в течение 20 минут краской Романовского-Гимзе. Дифференциальный подсчет лейкоцитарной формулы в окрашенном препарате крови подсчитывали методом иммерсионной микроскопии.

Были получены информированные согласия респондентов на проведение исследований и сдачу крови. Кровь забирали из локтевой вены в утренние часы натощак, спустя 12 часов после приёма пищи.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных статистических программ SPSS Statistics 17.0. Применяли стандартные методы вариационной статистики: вычисление средних величин, стандартных ошибок, 95% доверительного интервала. Данные в таблицах представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – средняя,  $m$  – ошибка средней. Достоверность различий между средними оценивали с помощью критерия  $t$  Стьюдента и Колмогорова-Смирнова. Вероятность справедливости нулевой гипотезы принимали при  $p < 0,05$ . Корреляционный анализ проводили по методу Пирсона и Спирмена.

### 1.3 Результаты и обсуждение

Высокие спортивные результаты возможны только в том случае, когда организм спортсмена адаптирован к

интенсивным физическим нагрузкам, т.е. способен мобилизовать энергетические ресурсы и усилить энергетический обмен в целом.

В наших исследованиях у борцов активность ферментов, отражающих метаболические процессы, незави-

симо от тренировочного периода превышала референтные величины (табл. 1).

Из-за высокой энергетической потребности организма спортсмена в сыворотке крови наблюдается высокая активность ЛДГ, указывающая на анаэробный путь син-

Таблица 1

**Биохимические показатели сыворотки крови у борцов в зависимости от этапов тренировочного цикла**

Table 1

**Biochemical parameters of blood serum in wrestlers, depending on the stage of the training cycle**

Биохимические показатели/ Biochemical parameters	Тренировочный этап/ Training stage (n=15)	Перед соревнованиями/ Before the competition (n=32)	После соревнования/ After the competition (n=55)
Лактатдегидрогеназа, Ед/л/ Lactate dehydrogenase, U/l	621,79±43,29	574,09±65,69	617,27±28,44
Гамма-ГТ, Ед/л/ Gamma-GT, U/L	14,67±1,06	19,25±4,21	16,64±0,83
Щелочная фосфатаза, Ед/л/ Alkaline phosphatase, U/L	293,31±18,05	282,12±14,19	306,42±17,85
Креатинкиназа, Ед/л/ Creatine kinase, U/l	394,0±94,52	419,63±62,69	223,50±24,38 <sup>x</sup> p=0,006
АлАТ, Ед/л/ Alanine aminotransferase, U/l	22,80±2,36	28,19±2,45	21,13±1,49 <sup>x</sup> p=0,004
АсАТ, Ед/л/ Aspartate aminotransferase, U/l	39,13±2,91	44,45±3,29	34,87±1,45 <sup>x</sup> p=0,012
Коэффициент де Ритиса/ Coefficient de Rytis	1,83±0,14	1,74±0,11	1,76±0,06
Триглицериды, ммоль/л/ Triglycerides, mmol/l	0,87±0,10	0,76±0,05	0,71±0,04
Холестерин, ммоль/л/ Cholesterol, mmol/l	4,27±0,24	5,15±0,20 <sup>*</sup> p=0,010	4,58±0,12 <sup>x</sup> <sup>*</sup> p=0,021
ХС ЛПВП, ммоль/л/ HDL-C, mmol/l	1,27±0,09	1,13±0,09	1,19±0,05
ХС ЛПНП, ммоль/л/ LDL-C, mmol/l	2,13±0,20	2,73±0,14	2,42±0,11
ХС ЛПОНП, ммоль/л/ VLDL-C, mmol/l	0,41±0,08	0,23±0,03	0,24±0,02 <sup>+</sup> p=0,021
Коэффициент атерогенности/ Coeff. atherogenicity	2,07±0,17	2,66±0,30	2,26±0,09
Глюкоза, ммоль/л/ Glucose, mmol/l	4,34±0,18	4,35±0,08	4,31±0,07
Креатинин, мкмоль/л/ Creatinine, μmol/l	73,14±2,22	88,60±14,91	79,29±2,68 <sup>+</sup> p=0,021
Мочевина, ммоль/л/ Urea, mmol/l	5,62±0,34	7,30±0,45 <sup>*</sup> p=0,003	5,35±0,26 <sup>++x</sup> <sup>+</sup> p=0,005 <sup>x</sup> p=0,001
Мочевая кислота, мкмоль/л/ Uric, μmol/l	279,71±46,75	223,17±16,09	264,37±10,33
Общий белок, г/л/ Total protein, g/l	73,73±0,81	75,58±0,91	75,39±0,47

\* – достоверность между периодами I и II

+ – достоверность между периодами I и III

x – достоверность между II и III

\* – significance between periods I and II

+ – significance between periods I and III

x – significance between periods II and III



теза аденозинтрифосфата (АТФ). В свою очередь увеличение активности ЛДГ отражает не только скорость анаэробного гликолиза, но и указывает на приспособленность организма к гипоксии. Кроме того высокая активность ЛДГ обеспечивает более легкую диссоциацию кислорода и гемоглобина, что ведёт к интенсификации обмена во всех органах и системах, снабжающих быстрое и интенсивное прохождение субстратов по метаболическим путям.

Увеличение активности ЛДГ и ЩФ тесно связано с уровнем глюкозы в организме, так увеличение в крови щелочной фосфатазы, обеспечивает не только дефосфорилирование и выход глюкозы из клетки, но и образует значительное количество неорганического фосфата, влияющего на биоэнергетику в клетке и в организме в целом.

Высокая активность КК, сопряженная с относительно высокой активностью АсАТ, свидетельствует о более интенсивном поступлении метаболитов в цикл трикарбоновых кислот (ЦТК) и о функционировании малатаспартатного механизма. Увеличение активности КК, наряду с повышенным уровнем креатинина, являющихся составной частью КФК-системы, у борцов, вероятно, связано с затратами АТФ и повышенной потребностью организма в энергетических субстратах. Кроме того, КК является стресс-зависимым ферментом, являющимся как индикатором реализуемого энергетического потенциала организма, так и показателем адаптивности организма к новым условиям [1, 6, 11-14]. Значимо высокий уровень мочевины наряду с относительно высокой активностью  $\gamma$ -ГТ, АсАТ и уровнем креатинина (показатель интенсивности термогенеза) у борцов перед соревнованиями был сопряжен со значимым увеличением холестерина и свидетельствует об усиленном использовании аминокислот для синтеза как глюкозы, так и холестерина. Следует отметить, что у борцов перед соревнованиями наблюдается агрессивный катаболизм (увеличение активности АсАТ, АлАТ,  $\gamma$ -ГТ и уровня мочевины) и неустойчивое равновесие достигается за счет глюконеогенеза (компенсаторный анаболизм) [11, 15, 16].

Таким образом, высокая активность ферментов у борцов связано с повышенной потребностью клетки в АТФ и свидетельствует о мобильном переключении белкового и углеводного обменов.

Взаимосвязь белкового, углеводного и липидного обмена у спортсменов в зависимости от периода подтверждают полученные корреляционные связи. Так, от периода зависели активность  $\gamma$ -ГТ ( $r=-0,252$ ,  $p=0,030$ ), уровень триглицеридов ( $r=0,394$ ,  $p=0,001$ ) и коэффициент де Ритиса ( $r=-0,235$ ,  $p=0,046$ ).

Следует отметить, что спортсмены к соревнованиям подходили с хорошей спортивной подготовкой (табл. 1).

Как известно, особую роль в регуляции метаболизма липидов наряду с другими гормонами играют адреналин и норадреналин. Они активируют липолиз в жировой ткани, в результате усиливается мобилизация жирных кислот из жировых депо и содержание неэстерифициро-

ванных жирных кислот в плазме повышается. Адреналин увеличивает частоту и силу сокращений сердечной мышцы, а значит, и скорость кровотока. В результате увеличивается доставка в мышцы кислорода, а также глюкозы и других веществ, служащих источниками энергии.

Углеводный и липидный обмены тесно взаимосвязаны и регулируются одними и теми же гормонами. Внутриклеточная регуляция процессов окисления и синтеза жирных кислот организована таким образом, что обеспечивает первоочередное использование в качестве энергетических субстратов углеводов и лишь по мере их истощения начинается окисление жирных кислот. В наших исследованиях уровень общего холестерина (ХС) значимо высокими были у спортсменов перед и после соревнований по сравнению с тренировочным периодом, а наиболее высоким ХС был перед соревнованиями.

Такие биохимические показатели крови как холестерин, глюкоза и общий белок являются абсолютной константой. Сумма из двух слагаемых холестерина и глюкозы – жесткая биологическая константа и у здоровых людей она равна 10,0 ммоль/л. При условии энергодифицита срабатывает реципрокность этих двух слагаемых: снижение содержания глюкозы приводит к повышению уровня холестерина, или наоборот, но при адаптивном состоянии организма соблюдается константная десятка [3]. Как видно из таблицы 1 только у борцов перед соревнованиями этот показатель наиболее приближался к десяти (9,5).

У борцов независимо от спортивного этапа был высоким показатель метаболического равновесия (коэффициент де Ритиса), указывающего на повышенный расход энергии, приводящего к истощению адаптационного резерва организма.

Биохимический спектр сыворотки крови у спортсменов после соревнований отражает период восстановления организма. Были значимо снижены активности ферментов, участвующих в энергетическом обмене. Значимое снижение уровня холестерина, возможно, связано с понижением выработки адреналина, стимулирующего мобилизацию жиров.

В зависимости от спортивной квалификации у борцов значимо высокая активность  $\gamma$ -ГТ, сопряженная со значимо высоким общим белком, относительно высокая активность ЛДГ, АсАТ, а также значимое увеличение ТТ и ХС ЛПОИП у мастеров спорта по сравнению с кандидатами в мастера спорта обусловлены мобилизацией энергетических ресурсов и усилением энергетического обмена в целом (табл. 2). Кроме того у спортсменов более высокой спортивной квалификации уровни низкомолекулярных антиоксидантов (мочевины и мочевой кислоты) были относительно высокими, что свидетельствует об уменьшении адаптивного резерва организма в результате интенсивных физических нагрузок [17].

Проведенные гематологические исследования крови у борцов выявили значимое увеличение сегментоядерных нейтрофилов перед соревнованиями ( $52,43 \pm 1,61$

Таблица 2

**Биохимические показатели сыворотки крови в зависимости от квалификации спортсменов**

Table 2

**Biochemical parameters of blood serum depending on the qualification of athletes**

Биохимические показатели/ Biochemical parameters	Кандидаты в мастера спорта/ Candidates for master of sports (n=49)	Мастера спорта/ Masters of sports (n=48)
Лактатдегидрогеназа, Ед/л/Lactate dehydrogenase, U/L	608,27±24,53	629,77±35,11
Гамма-ГТ, Ед/л/Gamma-GT, U/L	13,74±0,82	18,39±2,79* p=0,029
Щелочная фосфатаза, Ед/л/Alkaline phosphatase, U/L	304,34±15,02	299,55±16,68
Креатинкиназа, Ед/л/Creatine kinase, U/L	340,87±47,11	339,20±50,98
АлАТ, Ед/л/Alanine aminotransferase, U/l	22,38±1,76	23,79±1,70
АсАТ, Ед/л/Aspartate aminotransferase, U/l	36,67±1,97	40,62±2,14
Коэффициент де Ритиса/Coefficient de Rytis	1,76±0,08	1,83±0,07
Триглицериды, ммоль/л/Triglycerides, mmol/l	0,68±0,03	0,83±0,05* p=0,031
Холестерин, ммоль/л/Cholesterol, mmol/l	4,64±0,16	4,72±0,13
ХС ЛПВП, ммоль/л/HDL-C, mmol/l	1,16±0,05	1,24±0,07
ХС ЛПНП, ммоль/л/LDL-C, mmol/l	2,51±0,14	2,37±0,15
ХС ЛПОНП, ммоль/л/VLDL-C, mmol/l	0,22±0,01	0,37±0,05* p=0,004
Коэффициент атерогенности/Coeff. atherogenicity	2,39±0,13	2,29±0,16
Глюкоза, ммоль/л/Glucose, mmol/l	4,32±0,07	4,40±0,08
Креатинин, мкмоль/л/Creatinine, µkmol/l	80,56±1,80	79,40±5,08
Мочевина, ммоль/л/Urea, mmol/l	5,53±0,30	6,38±0,33
Мочевая кислота, мкмоль/л/Uric, µkmol/l	248,94±11,39	268,96±16,48
Общий белок, г/л/Total protein, g/l	75,05±0,50	76,62±0,52* p=0,034

\* – достоверность между кандидатами в мастера и мастерами спорта

\* – significance between the candidates for the master and the masters of the sport

в %,  $p=0,032$ ) по сравнению с тренировочным этапом ( $46,32\pm 2,25$  в %). Лимфоциты значительно снижались перед соревнованиями ( $35,15\pm 1,71$  в %,  $p=0,050$ ) по сравнению с тренировочным этапом ( $41,94\pm 3,04$  в %).

В зависимости от квалификации было выявлено значимое снижение моноцитов у мастеров спорта ( $7,74\pm 0,54$  в %,  $p=0,032$ ) по сравнению с кандидатами в мастера спорта ( $9,07\pm 0,48$  в %).

У спортсменов наблюдалась латентная железодефицитная анемия, а наиболее информативными в выявлении утомляемости у спортсменов могут быть изменения морфологии эритроцитов, зависящих от этапов тренировочного цикла и квалификации борцов. Так, эритроциты с измененной центральной частью – условно-полиморфные стомы (УПС) – в предсоревновательном периоде обнаружены у 17% спортсменов. После соревнований процент спортсменов с УПС снижился до 6%. При этом на тренировочном этапе эритроциты с УПС не выявлены.

Среди обследованных спортсменов на предсоревновательном этапе кодоциты (мишеневидные эритроциты) выявлены у 8%. После соревнований процент спортсменов с кодоцитами намного снижился и выявлялся только у 3% спортсменов. Следует подчеркнуть, что мишеневидные эритроциты среди спортсменов высшей квалификации (МСМК) встречаются намного чаще (60%).

Базофильная зернистость наиболее часто встречалась в предсоревновательном этапе (12%), после соревнований снижалась до 5% и на тренировочном этапе исчезала. В последние годы появились публикации, в которых базофильная зернистость идентифицируется как гемолитический стрептококк, который появляется на эритроцитах при ослаблении иммунной системы [18].

Таким образом, выявленные изменения морфологии эритроцитов у спортсменов на разных этапах тренировочного цикла могут свидетельствовать о признаках нарушения водно-электролитного баланса, ослаблении

иммунной системы и мышечной гипоксии. Наиболее выраженные изменения морфологии эритроцитов на предсоревновательном этапе можно объяснить психоэмоциональным напряжением, субмаксимальными нагрузками, быстрой не щадящей сгонкой веса спортсменов перед соревнованиями.

Анализ корреляции выявил непрямые взаимосвязи гематокрита и эритроцитов с активностью АсАТ и ЛДГ, а также гемоглобина с ЛДГ, связанных с увеличением кислородной емкости крови пропорционально интенсивности нагрузки (табл. 3). У спортсменов, находящихся на пике тренированности имеется функциональный резерв для повышения кислородтранспортных возможностей [18].

Прямая корреляционная связь гемоглобина с уровнем общего белка указывают на тренированность спортсмена, т.к. при развитии выносливости повышается концентрация общего белка в циркулирующей крови.

Взаимосвязь гемоглобина с глюкозой, возможно, зависит от кратковременного выброса глюкозы в кровь в момент адреналинового сигнала при мышечной работе, способного гликозилировать гемоглобин. В то же время повышенный уровень триглицеридов связывают с уровнем гликозилированного гемоглобина.

Непрямая связь лейкоцитов с уровнем общего белка, возможно, зависит от эмоционального напряжения в условиях ответственных соревнований, когда расщепляются иммунные белки. На иммунологический контроль над функциональным состоянием спортсмена указывает

непрямая корреляционная связь активности КК, показателем адаптивности организма к физическим нагрузкам, с лейкоцитами.

Непрямая взаимосвязь лимфоцитов с ХС ЛПНП свидетельствует об интенсивных длительных физических нагрузках и об использовании жиров для энергообеспечения. Разнонаправленные корреляционные связи ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП с моноцитами, возможно, зависят от их скорости к модификации. Модифицированные (повреждённые) ХС ЛПНП убираются из кровотока макрофагально-моноцитарной системой через сквенджерсы.

#### 1.4 Выводы

1. Высокая активность ферментов у борцов связана с повышенной потребностью клетки в АТФ и свидетельствует о мобильном переключении белкового и углеводного обменов.

2. Высокий показатель метаболического равновесия (коэффициент де Ритиса) у борцов, указывает на повышенный расход энергии, который может привести к истощению адаптационного резерва организма.

3. Изменения морфологии эритроцитов у спортсменов на разных этапах тренировочного цикла могут свидетельствовать о признаках нарушения водно-электролитного баланса, ослаблении иммунной системы и мышечной гипоксии.

4. Для своевременного проведения адекватных реабилитационных мер по восстановлению здоровья необходимо проводить биохимические и гематологические исследования крови в динамике.

Таблица 3

#### Корреляции биохимических и гематологических показателей крови

Table 3

#### Correlations between biochemical and hematological parameters of blood

Гематологические показатели/ Haematological parameters	Биохимические показатели/ Biochemical indicators	Корреляции (r)/ Correlations (r)	Достоверность (p)/ Significance (p)
Гематокрит/Hematocrit	АсАТ/Aspartate aminotransferase	- 0,446	0,001
	ЛДГ/Lactate dehydrogenase	- 0,643	0,001
Гемоглобин/Hemoglobin	Общий белок/Total protein	0,301	0,004
	Глюкоза/Glucose	0,262	0,011
	Триглицериды/Triglycerides	0,296	0,006
	ЛДГ/Lactate dehydrogenase	- 0,601	0,000
Эритроциты/Erythrocytes	АсАТ/Aspartate aminotransferase	- 0,234	0,024
	ЛДГ/Lactate dehydrogenase	- 0,522	0,004
Лейкоциты/Leukocytes	Общий белок/Total protein	- 0,301	0,003
	КК/Creatine kinase	- 0,373	0,046
Лимфоциты/Lymphocytes	ХС ЛПНП/HDL-C	- 0,588	0,002
	ХС ЛПНП/HDL-C	0,553	0,004
	ХС ЛПОНП/VLDL-C	- 0,530	0,006



Список литературы

1. Бутов О.А., Масалов С.В. Адаптация к физическим нагрузкам анаэробный метаболизм мышечной ткани // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. №1. С. 123-8.
2. Дроздов Д.Н., Кравцов А.В. Влияние физической нагрузки на показатели периферической крови человека // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. 2015. №1. С. 23-8.
3. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Способ прогнозирования и оценки состояния здоровья человека. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и знакам Российской Федерации. Патент №2339045, 2006.
4. Petibois C, Cazorla G, Poormans JR, Deleris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a rewiring // Sports med. 2002. Vol.32, №13. P. 867-78.
5. Brancaccio P, Lippi G, Mafulli N. Biochemical markers of muscular damage // Clinical chemistry and Laboratory Medicine. 2010. №48. P. 757-67.
6. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine // Adv. Clin. Chem. 2012. №56. P. 1-54.
7. Biggie B-A, Otchere A-M, Monday OM, Winifred M, Blessing ChI, Ebenezer E, Isaac KA. Differences in Haematological and Biochemical Parameters of Athletes and Non-Athletes // Journal of Advances in Medicine and Medical Research. 2017. №24. P. 1-5.
8. Nabhan DC, Moreau WJ, Barylski C. Laboratory tests ordered by a chiropractic sports physician on elite athletes over a 1-year period // J. Chiropr Med. 2015. №14. P. 68-76.
9. Tayebi SM, Ghanbari-Niaki A. Effects of a low intensity circuit resistance exercise session on some hematological parameters of male collage students // Aass Journal. 2013. №1. P. 6-11.
10. Friedwald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use the preparative ultracentrifuge // Clinical chemistry. 1972. №19. P. 499-502.
11. Рослый И.М., Абрамов С.В., Покровский В.И. Ферментемия – адаптивный механизм или маркер цитолиза? // Вестник РАМН. 2002. №8. С. 3-8.
12. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes // Br. J. Sports Med. 2007. Vol.41, №10. P. 674-8.
13. Dustin C. Nabhan, William J. Morean, Cnaol Barylski. Laboratory tests ordered by a chiropractic sports physician on elite athletes over a 1-year period // J. Chiropr med. 2015. №14. P. 68-76.
14. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles // European Journal of Applied Physiology. 2011. №111. P. 211-23.
15. Фокина Е.Г., Рослый И.М. Биохимический паспорт человека: 6 субстратов и 6 ферментов // Врач. 2014. №7. С. 6-12.
16. Nowak R, Buryta R, Kostrzewa-Nowak D. The search for new diagnostic markers of metabolic response to aerobic exercise: analysis of creatinine, urea, and uric acid levels in football players // TRENDS in Sport Sciences. 2016. №4. P. 167-75.
17. Кривошапкина З.Н., Миронова Г.Е., Семёнова Е.И., Олесова Л.Д., Яковлева А.И. Уровни низкомолекулярных антиоксидантов у коренных и пришлых жителей Якутии // Якутский медицинский журнал. 2014. №2. С. 83-7.
18. Свищева Т.Я. Перспективная диагностика. СПб.: Изд-во «Дилия», 2006. 368 с.

References

1. Butov OA, Masalov SV. Adaptation to physical loads of anaerobic metabolism of muscle tissue. Bulletin of the Nizhny Novgorod University named after N.I. Lobachevsky. 2011;(1):123-8. Russian.
2. Drozdov DN, Kravtsov AV. Influence of physical load on indices of human peripheral blood. Bulletin of the Mozyr State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin. 2015;(1):23-8. Russian.
3. Roslyi IM, Vodolazhskaya MG. Method for predicting and assessing the state of human health. Federal Service for Intellectual Property, Patents and Marks of the Russian Federation. Patent No. 2399045, 2006. Russian.
4. Petibois C, Cazorla G, Poormans JR, Deleris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a rewiring. Sports med. 2002;32(13):867-78.
5. Brancaccio P, Lippi G, Mafulli N. Biochemical markers of muscular damage. Clinical chemistry and Laboratory Medicine. 2010;(48):757-67.
6. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. Adv. Clin. Chem. 2012;(56):1-54.
7. Biggie B-A, Otchere A-M, Monday OM, Winifred M, Blessing ChI, Ebenezer E, Isaac KA. Differences in Haematological and Biochemical Parameters of Athletes and Non-Athletes. Journal of Advances in Medicine and Medical Research. 2017;(24):1-5.
8. Nabhan DC, Moreau WJ, Barylski C. Laboratory tests ordered by a chiropractic sports physician on elite athletes over a 1-year period. J. Chiropr Med. 2015;(14):68-76.
9. Tayebi SM, Ghanbari-Niaki A. Effects of a low intensity circuit resistance exercise session on some hematological parameters of male collage students. Aass Journal. 2013;(1):6-11.
10. Friedwald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use the preparative ultracentrifuge. Clinical chemistry. 1972;(18):499-502.
11. Roslyi IM, Abramov SV, Pokrovsky VI. Enzyme – an adaptive mechanism or marker of cytolysis? Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences. 2002;(8):3-8. Russian.
12. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. Br. J. Sports Med. 2007;41(10):674-8.
13. Dustin C. Nabhan, William J. Morean, Cnaol Barylski. Laboratory tests ordered by a chiropractic sports physician on elite athletes over a 1-year period. J. Chiropr med. 2015;(14):68-76.
14. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. European Journal of Applied Physiology. 2011;(111):211-23.
15. Fokina EG, Roslyi IM. Biochemical human passport: 6 substrates and 6 enzymes. Doctor. 2014;(7):6-12. Russian.
16. Nowak R, Buryta R, Kostrzewa-Nowak D. The search for new diagnostic markers of metabolic response to aerobic exercise: analysis of creatinine, urea, and uric acid levels in football players. TRENDS in Sport Sciences. 2016;(4):167-75.
17. Krivoshapkina ZN, Mironova GE, Semenova EI, Olesova LD, Yakovleva AI. Levels of low-molecular antioxidants in native and alien residents of Yakutia. Yakutsk Medical Journal. 2014;(2):83-7. Russian.
18. Svishcheva TYa. Perspective diagnostics. Saint-Petersburg, Publishing House «Dilya», 2006, 368 p. Russian.

**Сведения об авторах:**

**Кривошапкина Зоя Николаевна**, старший научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела изучения механизмов адаптации ФГБНУ Якутского научного центра комплексных медицинских проблем, к.б.н. ORCID ID: 0000-0001-8259-5228 (+7 (914) 222-95-59, zoyakriv@mail.ru)

**Миронова Галина Егоровна**, профессор кафедры института естественных наук ФГАОУ ВПО Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-5148-9828

**Семёнова Евгения Ивановна**, старший научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела изучения механизмов адаптации ФГБНУ Якутский научный центр комплексных медицинских проблем, к.б.н. ORCID ID: 0000-0002-4639-3693

**Олесова Любовь Дыгыновна**, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела изучения механизмов адаптации ФГБНУ Якутского научного центра комплексных медицинских проблем, к.б.н. ORCID ID: 0000-0002-2381-7895

**Яковлева Александра Ивановна**, научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела изучения механизмов адаптации ФГБНУ Якутского научного центра комплексных медицинских проблем. ORCID ID: 0000-0001-7019-657X

**Константинова Лена Ивановна**, научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела изучения механизмов адаптации ФГБНУ «Якутского научного центра комплексных медицинских проблем». ORCID ID: 0000-0002-6546-547X

**Information about the authors:**

**Zoya N. Krivoshapkina**, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Biochemical Research of the Department for Studying Adaptation Mechanisms of the Yakut Science Centre of Complex Medical Problems. ORCID ID: 0000-0001-8259-5228 (+7(914)222-95-59, zoyakriv@mail.ru)

**Galina E. Mironova**, D.Sc. (Biology), Prof., Professor of the Department of Natural Sciences Institute of the North-Eastern Federal University. ORCID ID: 0000-0001-5148-9828

**Evgeniya I. Semenova**, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Biochemical Research of the Department for Studying Adaptation Mechanisms of the Yakut Science Centre of Complex Medical Problems. ORCID ID: 0000-0002-4639-3693

**Lyubov D. Olesova**, Ph.D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Biochemical Research of the Department for Studying Adaptation Mechanisms of the Yakut Science Centre of Complex Medical Problems. ORCID ID: 0000-0002-2381-7895

**Aleksandra I. Yakovleva**, Junior Researcher of the Laboratory of Biochemical Research of the Department for Studying Adaptation Mechanisms of the Yakut Science Centre of Complex Medical Problems. ORCID ID: 0000-0001-7019-657X

**Lena I. Konstantinova**, Junior Researcher of the Laboratory of Biochemical Research of the Department for Studying Adaptation Mechanisms of the Yakut Science Centre of Complex Medical Problems. ORCID ID: 0000-0002-6546-547X

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

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

Поступила в редакцию: 28.07.2018

Принята к публикации: 13.08.2018

Received: 28 July 2018

Accepted: 13 August 2018

**Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»****Фитнес**

Руненко С.Д.

Вниманию читателя предлагаются ответы на самые частые вопросы, касающиеся ведения здорового образа жизни (ЗОЖ). Автор объясняет причины неудач и отсутствия прогресса при занятиях физкультурой, спортом и фитнесом. Поводом для написания этой книги послужили типичные ошибки, заблуждения и мифы, с которыми нередко сталкиваются приверженцы ЗОЖ, посетители спортивных клубов, фитнес-центров и люди, занимающиеся физическими тренировками самостоятельно. Вместо оздоровительного эффекта и достижения поставленных целей увлечение фитнесом зачастую становится безрезультатной, а иногда и опасной для здоровья тратой сил, времени и денег.

Издание адресовано сторонникам ЗОЖ, новичкам фитнеса и тем, кто считает себя в этой области специалистом со стажем.

Книгу можно заказать в редакции журнала по телефону: +7 (499) 248-08-21 или по e-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.13

УДК: 796.92:577.121.9

## Скорость окисления жиров у лыжников-гонщиков в состоянии покоя и при физической нагрузке «до отказа»

А.Ю. Людина<sup>1</sup>, Е.А. Бушманова<sup>2</sup>, Т.П. Логинова<sup>1</sup>, Н.Г. Варламова<sup>1</sup>, Е.Р. Бойко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт физиологии Коми, Научный центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Министерство образования и науки РФ, г. Сыктывкар, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить скорость окисления жиров (СОЖ) при физической нагрузке разной интенсивности и выявить факторы, влияющие на этот процесс. **Материалы и методы:** обследованы высококвалифицированные лыжники-гонщики – 26 мужчин и 11 женщин. При ступенчато возрастающей велонагрузке в тесте «до отказа» определяли СОЖ методом непрямой калориметрии. **Результаты:** у высококвалифицированных лыжников (квалификация МС и МСМК) в покое СОЖ составила 0,17 г/мин, пиковая СОЖ – 0,77 г/мин, соответствующая диапазону 40-60% от максимального потребления кислорода (МПК). Уровень мастерства ассоциирован с более высокой пиковой СОЖ и длительным ее удержанием до нагрузки 80-90% от МПК. Возрастные различия СОЖ среди обследуемых проявляются только на пике нагрузки, в диапазоне 60-70% от МПК. Более высокая фоновая и максимальная СОЖ отмечена у мужчин в отличие от женщин. **Выводы:** при физической нагрузке показатель СОЖ показан к использованию в оценке функционального состояния спортсменов при планировании режимов тренировки и профилактике утомления.

**Ключевые слова:** скорость окисления жиров, физическая нагрузка, спортивная квалификация, пол, возраст, непрямая калориметрия

**Для цитирования:** Людина А.Ю., Бушманова Е.А., Логинова Т.П., Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Скорость окисления жиров у лыжников-гонщиков в состоянии покоя и при физической нагрузке «до отказа» // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 13-19. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.13.

## The fat oxidation rate at rest and under exercise load «until exhaustion» in Nordic skiers

Aleksandra Yu. Lyudinina<sup>1</sup>, Ekaterina A. Bushmanova<sup>2</sup>, Tatyana P. Loginova<sup>1</sup>,  
Nina G. Varlamova<sup>1</sup>, Evgeny R. Boyko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia

<sup>2</sup>Pitirim Sorokin Syktывkar State University, Syktывkar, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to study the fat oxidation rate during physical exercises of different intensity and to identify factors influencing this process in athletes. **Materials and methods:** highly qualified Nordic skiers (26 men, 11 women) were examined. Fat oxidation (FO) was determined by the indirect calorimetric technique within stepwise increasing cycle load in the test «to failure». **Results:** FO for highly skilled skiers (MS and MSIL) was 0.17 g/min at rest and 0.77 g/min at the peak of the load, corresponding to the range of 40-60% of the maximal oxygen consumption (MOC). The level of skill was associated with a higher peak FO and its longer retention up to a load of 80-90% of the MOC. Age differences appeared only at the peak of the load, in the range of 60-70% of the MOC. There was a higher base and maximum FO in men, unlike women. **Conclusions:** the fat oxidation rate during exercise should be used in assessing the functional state of athletes when planning load regimes and preventing overtraining.

**Key words:** fat oxidation, physical exercises, sex, age, skill, indirect calorimetry

**For citation:** Lyudinina AY, Bushmanova EA, Loginova TP, Varlamova NG, Boyko ER. The fat oxidation rate at rest and under exercise load «until exhaustion» in Nordic skiers. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):13-19. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.13.



### 1.1 Введение

Проблема увеличения аэробной работоспособности в спорте высших достижений актуальна и активно обсуждается [1, 2]. Для достижения высоких результатов в разных видах спорта на выносливость, к которым относятся лыжные гонки, необходима исключительная работа кислородно-транспортной системы и способность скелетных мышц к окислению жиров и углеводов, которые имеют первостепенное значение в энергообеспечении организма спортсменов [3]. Стратегии увеличения запасов гликогена достаточно хорошо изучены, в то время как механизм скорости окисления жиров, как наиболее энергоемких молекул, получил высокий интерес со стороны ученых, тренеров и спортсменов только лишь в последнее десятилетие [2-4].

Использование того или иного субстрата в качестве источника энергии зависит от питания, содержания гликогена в мышцах, интенсивности и продолжительности физической нагрузки (ФН), уровня подготовки [1, 3, 5, 6]. Показатель СОЖ меняется в зависимости от вида спорта, степени тренированности спортсмена, доли жировой массы, уровня сытости, возраста и пола [2, 3]. Тем не менее, значимая доля в окислении жиров зависит и от других факторов, которые чаще всего не берутся во внимание и мало изучены [1].

В отечественных источниках изучение энерготрат и расхода макронутриентов в состоянии покоя и при ФН, основанные на исследовании газообмена, немногочисленны, чаще проводятся с целью выявления факторов риска развития алиментарно-зависимых заболеваний [7], но не уровня тренированности организма спортсмена. Данные обстоятельства актуализируют проблему качественного мониторинга оценки функционального состояния высококвалифицированных спортсменов.

**Цель исследования:** изучить характер скорости окисления жиров у лыжников-гонщиков при ступенчато возрастающей нагрузке в тесте «до отказа» и выявить факторы, влияющие на этот процесс (пол, возраст, спортивная квалификация).

**Организация исследования:** исследование проведено на базе отдела экологической и медицинской физиологии ИФ Коми НЦ УрО РАН и одобрено локальным комитетом по биоэтике, обследуемые дали информированное согласие на участие. Обследование проводили в первой половине дня, после завтрака и 2-часового отдыха.

### 1.2 Материалы и методы

В общеподготовительный период обследовано 26 юношей и 11 девушек, занимающихся циклическим видом спорта (лыжные гонки). Все спортсмены являются членами сборной Республики Коми по лыжным гонкам, часть из которых входит в сборную России.

Была проведена градация среди юношей лыжников по спортивной квалификации (МС и КМС), по возрасту: 16-19 лет ( $n = 14$ ), 20-29 лет ( $n = 12$ ), а также по полу (юноши  $n = 16$  и девушки  $n = 11$ ) одного возраста. Мор-

фофункциональные показатели лыжников-гонщиков представлены в таблице.

Таблица

### Фоновые физические характеристики лыжников-гонщиков

Table

#### Baseline physical characteristics of the skiers-racers

Показатель/ Characteristic	Лыжники/ Skier male	Лыжницы/ Skier female
Возраст, лет/age, years	22,9±5,8	18,4±4,5
Рост, м/height, m	1,71±4,8	1,63±3,6
Масса тела, кг/weight, kg	72,8±4,1	55,1±4,8
Доля жира, %/body fat, %	9,6±2,7	19,4±3,7
МПК, л/мин $VO_{2max}$ , L/min	4,1±0,6	2,6±0,3

Скорость окисления жиров (СОЖ) определяли методом непрямой калориметрии на эргоспирометрической системе «Oxycon-Pro» (Jaeger, Германия) в режиме «Breath by Breath». Все обследуемые проходили нагрузочный тест «до отказа» на велоэргометре. Процедура тестирования включала этапы: покой сидя (2 минуты), педалирование без нагрузки (1 минута) и затем ступенчато увеличивающаяся нагрузка (начиная со 120Вт у юношей и 80 Вт у девушек, шаг 40 Вт через 2 мин). Определяли показатели максимального потребления кислорода (МПК), порог анаэробного обмена (ПАНО). СОЖ была ранжирована в процентном отношении к максимальному потреблению кислорода ( $VO_{2max}$  %) [1, 2].

Данные обработаны в программе Statistica (версия 6.0, StatSoftInc, 2001). Результаты представлены в виде  $M \pm SD$ . Значимость различий между показателями оценивали с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни и Фридмана. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Корреляционный анализ проводили по Спирмену.

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Полученные нами данные по СОЖ высококвалифицированных лыжников-гонщиков представлены на рис. 1.

Скорость окисления жиров у высококвалифицированных лыжников-гонщиков сборной РК в покое сидя (приблизительно 30% от уровня МПК) составила  $0,17 \pm 0,05$  г/мин, что сопоставимо с данными по окислению жиров среди спортсменов циклических видов спорта [1, 3]. Максимальное окисление жиров наблюдалось в диапазоне 40-60% от МПК. Средний показатель пикового окисления жира составил  $0,77 \pm 0,16$  г/мин, варьируя среди обследуемых от 0,45 до 0,93 г/мин. Анализ кинетики окисления жира в зависимости от МПК обследуемых лыжников показал более раннее наступление максимума по сравнению с зарубежными спортсменами, что вероятно связано с особенностями функционального состояния спортсменов или неспецифической нагрузкой для лыжников. Установлено, что у спортсменов СОЖ

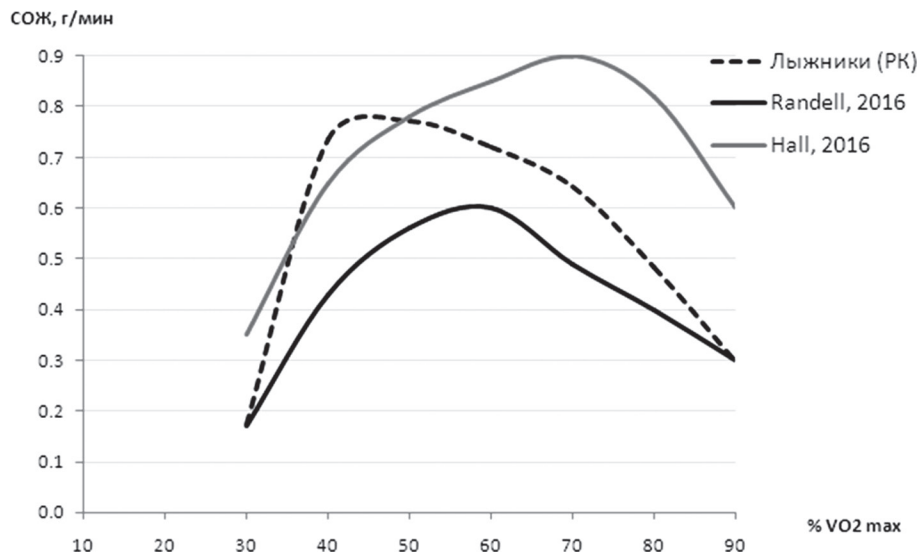


Рис. 1. Скорость окисления жиров у высококвалифицированных лыжников-гонщиков Республики Коми в сопоставлении с мировыми трендами

Pic. 1. The fat oxidation rate of the highly skilled skiers-racers of the Komi Republic in comparison with the world trends

статистически значимо больше на всех уровнях ФН, чем у нетренированных, и максимальное окисление жиров совпадает с уровнем ПАНО [8, 9].

Расход энергии при ФН возрастает в несколько раз. Соответственно увеличивается и образование энергии, которое происходит в митохондриях мышц за счет окисления углеводов и жиров. Причем, интенсивность ФН является наиболее важным фактором, определяющим утилизацию жиров и углеводов [6, 10]. ФН низкой и умеренной интенсивности сопровождается увеличением окисления ЖК в 5-10 раз относительно уровня покоя, достигая максимума при интенсивности нагрузки около 65% от МПК [11-13]. В подтверждении этих доводов нами была обнаружена отрицательная корреляция между процентом жировой массы тела у лыжников и СОЖ в покое лежа ( $r_s = -0,44^{***}$ ), в покое сидя ( $r_s = -0,37^{**}$ ) и при нагрузке 40% ( $r_s = -0,53^{***}$ ), 50% ( $r_s = -0,55^{***}$ ) и 60% ( $r_s = -0,44^*$ ) от МПК. Тем не менее, у отдельных спортсменов СОЖ может достигать высоких значений (более 0,50 г/мин) и при 80-90% от МПК. Так, при мощности нагрузки 320 Вт, соответствующей 90% от МПК, средняя СОЖ у лыжников составила  $0,3 \pm 0,1$  г/мин, при этом индивидуальный разброс показателей составил от 0,10 до 0,61 г/мин в этой зоне МПК.

При делении спортсменов по уровню квалификации были найдены более выраженные изменения в СОЖ (рис. 2).

В покое сидя СОЖ (точка, соответствующая 30% от МПК) в группе МС составила  $0,17 \pm 0,05$  г/мин, у КМС –  $0,14 \pm 0,07$  г/мин ( $p = 0,025$ ). Максимальное окисление жиров у КМС наблюдалось в среднем при 40% от МПК и составило 0,53 г/мин. МС по сравнению с КМС показывали более высокую пиковую СОЖ, равную 0,77 г/мин ( $p = 0,01$ ) и более длительное поддержание этой скоро-

сти (МС имеют более широкую аэробную зону по сравнению с КМС). Более ранние исследования говорят в пользу сопряжения содержания жира в организме лыжников и концентрации общих липидов в плазме крови. Анализ уровня спортивного мастерства выявил обратную связь между содержанием жира и общими липидами крови у спортсменов, свидетельствуя о повышенной утилизации жира у более подготовленных спортсменов [14]. Известно, что повышение доступности эндогенных или экзогенных углеводов может увеличивать их окисление и снижать окисление жиров. С другой стороны, более активная утилизация липидов в энергообеспечении при субмаксимальных и максимальных нагрузках сопровождается экономным расходом углеводов. Таким образом, считается, что хорошо подготовленные спортсмены имеют повышенный потенциал утилизации жира [15].

По данным литературы, развитие выносливости тесно связано с высоким содержанием внутримышечных триглицеридов, с изменением их плотности и внутриклеточного положения. Кроме того, тренировка выносливости ассоциирована со значительным увеличением содержания и размера митохондрий в скелетных мышцах, повышением активности ферментов цитратсинтетазы и гидроксиацетил-СоА-дегидрогеназы [16]. Наиболее вероятным механизмом ингибирования окисления ЖК при нагрузках максимальной мощности является низкая обеспеченность свободным карнитином, уменьшение внутриклеточного pH [11] и снижение активности карнитин-пальмитоил-трансферазы I и, соответственно, транспорта длинноцепочечных ЖК в митохондрии [8, 12], что ведет к снижению СОЖ. Таким образом, считается, что именно карнитин является основным прямым регулятором окисления ЖК [12].

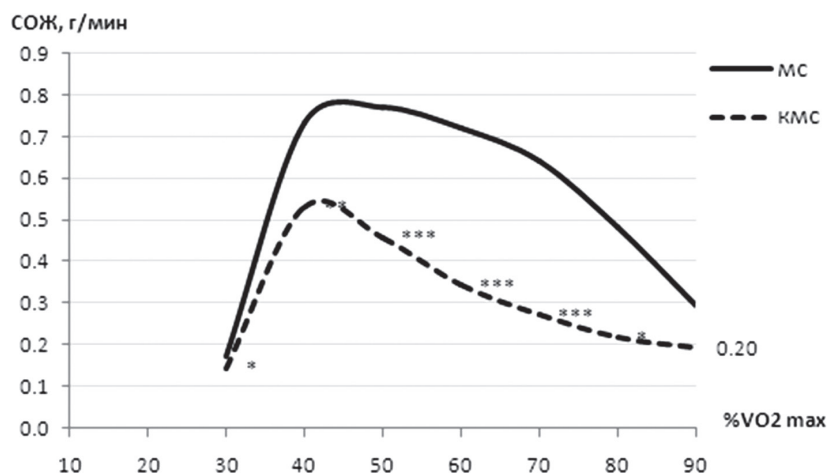


Рис. 2. Скорость окисления жиров в организме лыжников-гонщиков в зависимости от квалификации  
 Pic. 2. The fat oxidation rate of the skiers-racers against skill

В итоге, анализ уровня спортивного мастерства обследуемых спортсменов свидетельствует о том, что аэробная работоспособность связана с комплексом внутриклеточных изменений направленных на повышенную утилизацию жира у более выносливых и тренированных спортсменов, выраженную через более высокий уровень окисления жиров в процессе выполнения ФН и более длительное удержание пиковой СОЖ в высокой зоне МПК.

При градации спортсменов по мастерству на две группы (МС и КМС) можно предположить, что наибольшее влияние на СОЖ оказывает не степень тренированности, а возраст, поскольку среди лыжников из группы 20-29 лет 11 человек с квалификацией МС. Результаты влияния возраста спортсменов на скорость окисления жиров представлены на рис. 3.

Установлено, что интенсивность основного обмена заметно уменьшается с возрастом в малоподвижных популяциях со скоростью ~ 1-2% за десятилетие после 20 лет [17] и обусловлено в основном сокращением количества безжировой массы в организме.

В покое сидя при увеличении среднего возраста с 18 до 27 СОЖ значительно не изменялась и была равна соответственно 0,15 и 0,17 г/мин. Следовательно, возраст не оказывает существенного влияния на СОЖ в покое. Анализ СОЖ при ступенчатой нагрузке относительно возраста выявил значимые изменения только на пике нагрузки при мощности 200 Вт (60% от МПК) и 240 Вт (70% от МПК) ( $p = 0,007$  и  $0,019$ , соответственно). Можно сказать, что возрастные особенности проявляются на пике нагрузки, в диапазоне 60-70% от МПК.

Анализ СОЖ лыжников-гонщиков в зависимости от пола (рис. 4) показал, что абсолютные значения СОЖ у мужчин выше, чем у женщин.

Значимые различия по полу в СОЖ были найдены как в покое, так и на пике нагрузки. СОЖ в покое сидя у мужчин в среднем составила 0,26 г/мин, а у женщин – 0,12 г/мин. Поскольку уровень потребления  $O_2$  является ключевым показателем, отражающим способность организма метаболизировать  $O_2$ , вполне объяснима более высокая фоновая абсолютная СОЖ у мужчин среди ко-

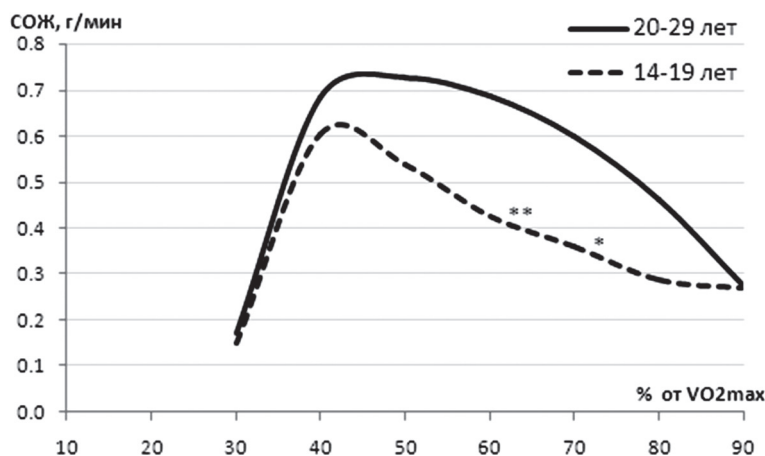


Рис. 3. Скорость окисления жиров у высококвалифицированных спортсменов в зависимости от возраста  
 Pic. 3. The fat oxidation rate of the highly skilled athletes against age



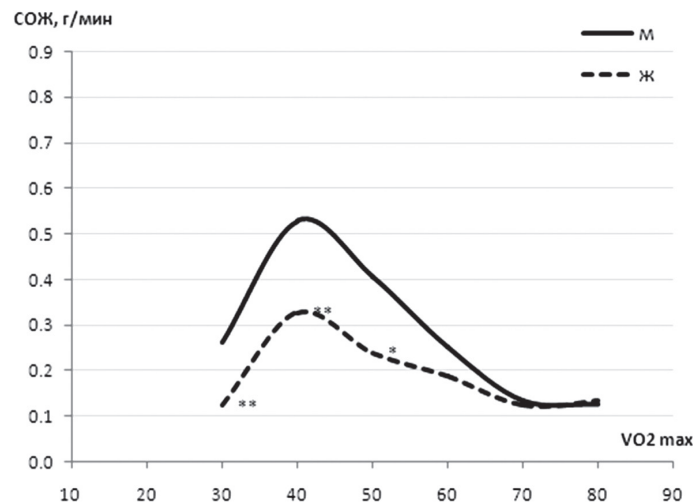


Рис. 4. Скорость окисления жиров в организме лыжников-гонщиков разного пола  
Pic. 4. The fat oxidation rate of the skiers-racers against sex

торых МПК было в 1,5 раза больше чем у девушек. Максимальная СОЖ наблюдалась при 40% от МПК и составила у мужчин – 0,53 г/мин, у женщин – 0,33г/мин, что соответствовало нагрузке 120 Вт.

По данным литературы, мужчины имеют более высокую интенсивность основного обмена, по сравнению с женщинами [17]. При этом, при нагрузках средней интенсивности (до 65% от МПК) мужчины имеют значительно более высокие показатели дыхательного коэффициента (в среднем 0,94 против 0,87), что указывает на большую зависимость от окисления углеводов (гликогена печени и мышц) в энергообеспечении ФН. Энергетический вклад жира значительно выше у женщин, чем мужчин при ФН в диапазоне от 40-60%  $VO_{2max}$ . Вариативность в СОЖ мужчин и женщин обусловлена гормональными различиями [6]. При длительных нагрузках женщины, имея более крупное депо внутримышечных липидов, демонстрируют увеличение экспрессии клеточных белков ответственных за транспортировку и окисление жирных кислот, опосредуемые эндогенными циркулирующими эстрогенами [18, 19].

#### 1.4 Выводы

Скорость окисления жиров у высококвалифицированных лыжников-гонщиков в покое сидя составила 0,17 г/мин, средний показатель пикового окисления жиров составил  $0,77 \pm 0,16$  г/мин, соответствуя диапазону 40-60% от МПК, что сопоставимо с данными показателями среди спортсменов других циклических видов спорта. Мастерство и выносливость ассоциированы с более высокой пиковой СОЖ и более длительным удержанием этой скорости до 80-90% от МПК. Возрастные особенности проявляются только на пике нагрузки, в диапазоне 60-70% от МПК. Отмечена значимо более высокая фоновая ( $p < 0.05$ ) и максимальная СОЖ ( $p < 0.01$ ) у мужчин ( $0,53 \pm 0,17$  г/мин) в отличие от женщин ( $0,33 \pm 0,12$  г/мин), что соответствовало нагрузке 120 Вт.

Считаем перспективным включение в общий протокол оценки функционального состояния спортсменов показатели скорости окисления жиров, что позволит получать наиболее объективную информацию об уровне аэробной готовности спортсмена, а также быстро и целенаправленно проводить коррекцию тренировочного процесса и восстановление спортсменов в подготовительный и особенно соревновательный периоды.

#### Список литературы

1. Randell RK, Rollo I, Roberts TJ, Dalrymple K, Jeukendrup AE, Carter JM. Maximal Fat Oxidation Rates in an Athletic Population // *Med Sci Sports Exerc.* 2013. P. 145. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001084.
2. Noland RC. Exercise and Regulation of Lipid Metabolism // *Progress in Molecular Biology and Translational Science.* 2015. P. 36.
3. Hall AU, Edin F, Pedersen A, Madsen K. Whole-body fat oxidation increases more by prior exercise than overnight fasting in elite endurance athletes // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016. Vol.41, №4. P. 430-7. DOI: 10.1139/apnm-2015-0452.
4. Kang J, Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, M. Falvo & M. Wendell. Effect of Exercise Intensity on Fat Utilization

#### References

1. Randell RK, Rollo I, Roberts TJ, Dalrymple K, Jeukendrup AE, Carter JM. Maximal Fat Oxidation Rates in an Athletic Population. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;145. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001084.
2. Noland RC. Exercise and Regulation of Lipid Metabolism. *Progress in Molecular Biology and Translational Science.* 2015;36.
3. Hall AU, Edin F, Pedersen A, Madsen K. Whole-body fat oxidation increases more by prior exercise than overnight fasting in elite endurance athletes. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2016;41(4): 430-7. DOI: 10.1139/apnm-2015-0452.
4. Kang J, Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, M. Falvo & M. Wendell. Effect of Exercise Intensity on Fat

in Males and Females // Research in Sports Medicine. 2007. №15. P. 175-88.

5. **Van Loon LJ, Jeukendrup AE, Saris WH, Wagenmakers AJ.** Effect of training status on fuel selection during submaximal exercise with glucose ingestion // J. Appl. Physiol. 1999. Vol.87. P. 1413-20. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.4.1413.

6. **Purdom T, Kravitz L, Dokladny K and Mermier C.** Understanding the factors that effect maximal fat oxidation // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018. Vol.15. P. 1-10. DOI: 10.1186/s12970-018-0207-1.

7. **Березина АВ, Беляева ОД, Баженова ЕА, Беркович ОА, Баранова ЕИ, Гринева ЕН.** Особенности окисления жиров при физических нагрузках различной интенсивности у больных абдоминальным ожирением // Проблемы эндокринологии. 2010. №2. С. 20-6.

8. **Venables M, Achten J, Jeukendrup A.** Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study // J. Appl. Physiol. 2004. Vol.98. P.160-7. DOI: 10.1152/japplphysiol.00662.2003.

9. **Kim HK, Ando K, Tabata H, Konishi M, Takahashi M, Nishimaki M, Xiang M, Sakamoto S.** Effects of Different Intensities of Endurance Exercise in Morning and Evening on the Lipid Metabolism Response // Journal of Sports Science and Medicine. 2016. Vol.15. P. 467-76.

10. **Achten J, Jeukendrup A.** Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities // Int. J. Sports. Med. 2004. Vol.25. P. 32-7. DOI: 10.1055/s-2003-45231.

11. **Van Loon LJ, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WH, Wagenmakers AJ.** The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans // J. Physiol. 2001. Vol.536. P. 295-304.

12. **Jeppesen J, Kiens B.** Regulation and limitations to fatty acid oxidation during exercise // J. Physiol. 2012. Vol. 590. P. 1059-68. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225011.

13. **Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS et al.** Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women // J. Appl. Physiol. 2000. Vol.88. P. 1707-14. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.5.1707.

14. **Люднина АЮ, Бойко ЕР.** Сопряжение общих липидов плазмы крови и жирового компонента в организме лыжников-гонщиков на разных этапах годового тренировочного цикла // Экстремальная деятельность человека. 2016. №4. С. 36-41.

15. **Helge JW, Richter EA, Kiens B.** Interaction of training and diet on metabolism and endurance during exercise in man // J Physiol. 1996. Vol.492. P. 293-306.

16. **Tarnopolsky MA, Rennie CD, Robertshaw HA, Fedak-Tarnopolsky SN, Devries MC, Hamadeh MJ.** Influence of endurance exercise training and sex on intramyocellular lipid and mitochondrial ultrastructure, substrate use, and mitochondrial enzyme activity // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2007. №292. P. 1271-8. DOI: 10.1152/ajpregu.00472.2006.

17. **Lizzer S, Bedogni G, Lafortuna CL, Marazzi N, Busti C, Galli R, De Col A, Agosti F. and Sartorio A.** Relationship between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects // Obesity. 2010. Vol.18. P.71-8. DOI: 10.1038/oby.2009.162.

18. **Tarnopolsky LJ, MacDougall JD, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, Sutton JR.** Gender differences in substrate for endurance exercise // J. Appl. Physiol. 1990. Vol.68. P. 302-8. DOI: 10.1152/jappl.1990.68.1.302.

19. **Devries MC.** Sex-based differences in endurance exercise muscle metabolism: impact on exercise and nutritional strategies to optimize health and performance in women // Exp. Physiol. 2016. Vol.101. P. 243-9. DOI: 10.1113/EP085369.

Utilization in Males and Females, Research in Sports Medicine. An International Journal. 2007;15(3):175-88.

5. **Van Loon LJ, Jeukendrup AE, Saris WH, Wagenmakers AJ.** Effect of training status on fuel selection during submaximal exercise with glucose ingestion. J. Appl. Physiol. 1999;87:1413-20. DOI: 10.1152/jappl.1999.87.4.1413.

6. **Purdom T, Kravitz L, Dokladny K and Mermier C.** Understanding the factors that effect maximal fat oxidation. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018;15:1-10. DOI: 10.1186/s12970-018-0207-1.

7. **Berezina AV, Belyaeva OD, Bazhenova EA, Berkovich OA, Baranova EI, Grineva EN.** Osobennosti okisleniya zhirov pri fizicheskikh nagruzkakh razlichnoy intensivnosti u bolnykh abdominalnym ozhireniem. Problemy ehndokrinologii. 2010;(2): 20-6. Russian.

8. **Venables M, Achten J, Jeukendrup A.** Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. J. Appl. Physiol. 2004;98:160-7. DOI: 10.1152/japplphysiol.00662.2003.

9. **Kim HK, Ando K, Tabata H, Konishi M, Takahashi M, Nishimaki M, Xiang M, Sakamoto S.** Effects of Different Intensities of Endurance Exercise in Morning and Evening on the Lipid Metabolism Response. Journal of Sports Science and Medicine. 2016;15:467-76.

10. **Achten J, Jeukendrup A.** Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities. Int. J. Sports. Med. 2004;25:32-7. DOI: 10.1055/s-2003-45231.

11. **Van Loon LJ, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WH, Wagenmakers AJ.** The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. J. Physiol. 2001;536:295-304.

12. **Jeppesen J, Kiens B.** Regulation and limitations to fatty acid oxidation during exercise. J. Physiol. 2012;590:1059-68. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225011.

13. **Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS. et al.** Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. J. Appl. Physiol. 2000;88:1707-14. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.5.1707.

14. **Lyudнина АЮ, Boyko ЕР.** Sopryazhenie obshchih lipidov plazmy krovi i zhirovogo komponenta v organizme lyzhnikov-gonshchikov na raznyh etapah godovogo trenirovochnogo tsikla. Ekstremalnaya deyatel'nost' cheloveka. 2016;(4):36-41. Russian.

15. **Helge JW, Richter EA, Kiens B.** Interaction of training and diet on metabolism and endurance during exercise in man. J Physiol. 1996;492:293-306.

16. **Tarnopolsky MA, Rennie CD, Robertshaw HA, Fedak-Tarnopolsky SN, Devries MC, Hamadeh MJ.** Influence of endurance exercise training and sex on intramyocellular lipid and mitochondrial ultrastructure, substrate use, and mitochondrial enzyme activity. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2007;292:1271-8. DOI: 10.1152/ajpregu.00472.2006.

17. **Lizzer S, Bedogni G, Lafortuna CL, Marazzi N, Busti C, Galli R, De Col A, Agosti F. and Sartorio A.** Relationship between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects. Obesity. 2010;18:71-8. DOI: 10.1038/oby.2009.162.

18. **Tarnopolsky LJ, MacDougall JD, Atkinson SA, Tarnopolsky MA, Sutton JR.** Gender differences in substrate for endurance exercise. J. Appl. Physiol. 1990;68:302-8. DOI: 10.1152/jappl.1990.68.1.302.

19. **Devries MC.** Sex-based differences in endurance exercise muscle metabolism: impact on exercise and nutritional strategies to optimize health and performance in women // Exp. Physiol. 2016;101:243-9. DOI: 10.1113/EP085369.

**Сведения об авторах:**

**Людина Александр Юрьевна**, старший научный сотрудник группы метаболизма человека отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-4849-4735 (+7 (904) 234-81-51, salu\_06@inbox.ru)

**Бushmanova Екатерина Андреевна**, студентка IV курса Института естественных наук ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина. ORCID ID: 0000-0002-1896-2879

**Логина Татьяна Петровна**, научный сотрудник, руководитель группы социальной физиологии человека отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0001-7003-6664

**Варламова Нина Геннадьевна**, старший научный сотрудник группы социальной физиологии человека отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-1444-4684

**Бойко Евгений Рафаилович**, директор института ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-8027-898X

**Information about the authors:**

**Aleksandra Yu. Lyudinina**, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Human Metabolism Group of the Department of Ecological and Medical Physiology of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0003-4849-4735 (+7 (904) 234-81-51, salu\_06@inbox.ru)

**Ekaterina A. Bushmanova**, Graduate Student of the Institute of Natural Sciences of the Pitirim Sorokin Syktyvkar State University. ORCID ID: 0000-0002-1896-2879

**Tatyana P. Loginova**, Ph.D. (Biology), Scientist of the the Human Metabolism Group of the Department of Ecological and Medical Physiology of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0001-7003-6664

**Nina G. Varlamova**, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Human Metabolism Group of the Department of Ecological and Medical Physiology of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0003-1444-4684

**Evgeny R. Boyko**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0002-8027-898X

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

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

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках тем по Программам ФНИ на 2017–2020гг гг. (№ ГР АААА-А17-117012310157-7) и Президиума РАН на 2018-2020 гг. (№ГР АААА-А18-118012290367-6)

**Funding:** The study was supported by the Program for Fundamental Research of RAS 2017-2020 (project № АААА-А17-117012310157-7) and by the Program for Presidium of RAS 2018-2020 (project № АААА-А18-118012290367-6)

*Поступила в редакцию: 26.06.2018*

*Принята к публикации: 12.07.2018*

*Received: 26 June 2018*

*Accepted: 12 July 2018*

## Исследование совместного действия кофермента Q10 и маточного молочка на некоторые гематологические и спирометрические показатели высококвалифицированных спортсменов

С.В. Копылова<sup>1</sup>, А.Н. Овчинников<sup>1</sup>, М.А. Шабалин<sup>1</sup>, А.В. Дерюгина<sup>1</sup>, В.Н. Крылов<sup>1</sup>,  
В.Г. Кузьмин<sup>1</sup>, Д.И. Воронин<sup>2</sup>, О.В. Шабалина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Министерство образования и науки РФ, г. Нижний Новгород, Россия  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина, Министерство образования и науки РФ, г. Нижний Новгород, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучение динамики значений некоторых гематологических и спирометрических показателей высококвалифицированных пловцов в предсоревновательном периоде при добавлении в пищевую рацион композиции маточного молочка пчёл и убихинона-10 (кофермента Q10, коэнзима Q10). **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 16 спортсменов мужского пола в возрасте 19,8±0,6 лет. Лейкоцитарную формулу крови, содержание эритроцитов и уровень гемоглобина определяли с помощью гематологического анализатора «Abacus Junior 30». Измерение дыхательного объема (мл), минутного объема дыхания (л/мин), частоты дыхания (вдох/мин) и газового состава воздушной смеси (рСО<sub>2</sub> в выдыхаемой воздушной смеси; рСО<sub>2</sub> в альвеолярной воздушной смеси; рО<sub>2</sub> в выдыхаемой воздушной смеси; рО<sub>2</sub> в альвеолярной воздушной смеси) проводили с использованием наркозно-дыхательного аппарата «Capnomac Ultima». **Результаты:** прием названной композиции спортсменами стимулирует иммунную систему и кислородтранспортную функцию крови, активизирует функциональное состояние легочной ткани испытуемых, увеличивает потребление кислорода и повышает результативность спортсменов по итогам выполнения ими контрольного испытания. **Выводы:** обнаруженные в ходе исследования векторы действия композиции «маточное молочко-кофермент Q10» на анализируемые параметры высококвалифицированных спортсменов обуславливают целесообразность ее компетентного приема в период ответственных сборов и соревнований.

**Ключевые слова:** маточное молочко, кофермент Q10, эритроциты, лейкоциты, потребление кислорода, физическая нагрузка

**Для цитирования:** Копылова С.В., Овчинников А.Н., Шабалин М.А., Дерюгина А.В., Крылов В.Н., Кузьмин В.Г., Воронин Д.И., Шабалина О.В. Исследование совместного действия кофермента Q10 и маточного молочка на некоторые гематологические и спирометрические показатели высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 20-27. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.20.

## Study of the joint action of coenzyme Q10 and royal jelly on the hematological and spirometric indicators in the elite athletes

Svetlana V. Kopylova<sup>1</sup>, Aleksandr N. Ovchinnikov<sup>1</sup>, Mikhail A. Shabalin<sup>1</sup>, Anna V. Deryugina<sup>1</sup>,  
Vasily N. Krylov<sup>1</sup>, Vadim G. Kuzmin<sup>1</sup>, Denis I. Voronin<sup>2</sup>, Olga V. Shabalina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia  
<sup>2</sup>Minin State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to study the effects of royal jelly and coenzyme Q10 administered with food on the number of hematological and spirometric indicators in elite swimmers in precompetitive period. **Materials and methods:** 16 highly qualified athletes at the age of 19,8±0,6 years participated in the study. Content of erythrocytes and different white blood cells and level of hemoglobin in the blood of the athletes were measured using hematology analyzer «Abacus Junior 30». The measurement of respiratory volume, respiratory minute volume, respiratory frequency, pO<sub>2</sub> and pCO<sub>2</sub> in expired air, alveolar pO<sub>2</sub> and pCO<sub>2</sub> in the subjects was made using anesthesia breathing apparatus «Capnomac Ultima». **Results:** the administration of the above mix by the athletes stimulates the immune system and the oxygen-transporting function of blood, activates the functional state of pulmonary tissue, increases the oxygen consumption and improves physical performance. **Conclusions:** the effect of preventive therapy on the analyzed parameters in highly qualified swimmers determine the feasibility of the competent intake of composition «royal jelly-ubiquinone-10-honey» before and during major competitions when the requirements are high.

**Key words:** royal jelly, coenzyme Q10, erythrocytes, leucocytes, oxygen consumption, physical workload



**For citation:** Kopylova SV, Ovchinnikov AN, Shabalin MA, Deryugina AV, Krylov VN, Kuzmin VG, Voronin DI, Shabalina OV. Study of the joint action of coenzyme Q10 and royal jelly on the hematological and spirometric indicators in the elite athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):20-27. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.20.

### 1.1 Введение

В процессе спортивной тренировки организм спортсмена постоянно испытывает разные степени гипоксии нагрузки. Уменьшение отрицательных последствий влияния гипоксии на организм в условиях напряженной мышечной деятельности может быть реализовано с помощью применения биологически активных соединений, оказывающих стимулирующее действие широкого спектра на органы и системы организма, а также путем реализации подходов к их комбинированию с уже известными препаратами, положительно влияющими на физическую работоспособность. Такими незапрещенными в спорте высокоактивными веществами природного происхождения, обладающими минимальными побочными эффектами, на наш взгляд, могут являться пчелиное маточное молочко (ММ) и кофермент Q10 (Q10). Ранее нами было установлено, что при сочетанном использовании маточного молочка пчёл и кофермента Q10 их физиологическая активность и эффекты действия способны потенцироваться [1-3]. Клинические испытания разрабатываемого препарата на основе ММ и Q10, проводимые с привлечением высококвалифицированных спортсменов, показали существенные преимущества его применения в борьбе с развитием окислительного стресса в сравнении с изолированным использованием указанных веществ [1, 3].

**Цель работы** – исследование влияние совместного приема маточного молочка пчёл и коэнзима Q10 на некоторые гематологические и спирометрические показатели высококвалифицированных спортсменов.

### 1.2 Материалы и методы

Работа выполнена на кафедре физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. В исследовании приняли участие 16 спортсменов мужского пола, имеющих спортивное звание мастера спорта России или спортивный разряд кандидата в мастера спорта России по плаванию. Средний возраст испытуемых составил  $19,8 \pm 0,6$  лет. Для определения уровня физической подготовленности на 1-е и 10-е сутки исследования испытуемым был предъявлен контрольный тест в виде плавания (индикаторный показатель – время преодоления дистанции 200 м). По результатам предварительного тестирования, учитывая время преодоления дистанции, были сформированы 2 группы испытуемых со сходными морфофункциональными показателями. В зависимости от группового деления спортсмены ежедневно в течение 10 суток получали либо плацебо (фруктоза) в дозе 90 мг/сут в группе А (контрольной), либо в группе Б (основной) – композицию: лиофилизированное ММ

(30 мг/сут) + кофермент Q10 (60 мг/сут). Прием веществ осуществлялся сублингвально. Назначение, дозировка и продолжительность приема веществ были предварительно оговорены и согласованы с главным тренером и спортивным врачом испытуемых. Пчелиное маточное молочко было получено в ОППХ «Краснополяское» РАСХН. Кофермент Q10 синтезирован на ОАО «Кстовский ОПЗ БВК» по технологии, разработанной в НИИ «Синтез-белок» АН РФ.

Лейкоцитарную формулу крови, содержание эритроцитов и уровень гемоглобина определяли с помощью гематологического анализатора «Abacus Junior 30» (Diatron Messtechnik GmbH, Австрия) [4]. Измерение дыхательного объема (мл), минутного объема дыхания (л/мин), числа дыхательных движений (1/мин) и газового состава воздушной смеси ( $pCO_2$ , выдыхаемая;  $pCO_2$ , альвеолярная;  $pO_2$ , выдыхаемая;  $pO_2$ , альвеолярная) проводили с использованием наркозно-дыхательного аппарата «Сарномас Ultima» (Datex-Ohmeda, USA). Исследование проводили в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации [5], при участии и под контролем медицинского сотрудника.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием программных приложений Microsoft Excel 2013 и Statistica 13.0. Полученные результаты представлены в виде среднего арифметического значения и величины среднеквадратического отклонения ( $M \pm \sigma$ ). Проверку распределения на предмет соответствия нормальному закону выполняли путем вычисления критерия Шапиро-Уилка. Выявлено, что не по всем изучаемым параметрам вид распределения полученных данных соответствует нормальному, в связи с чем последующий анализ на предмет наличия статистически значимых различий проводили с применением U-критерия Манна-Уитни и критерия Вилкоксона.

### 1.3 Результаты и их обсуждение

В ходе исследования установлено, что у спортсменов группы Б на 10-е сутки приема композиции «ММ-Q10» обнаружено статистически значимое повышение содержания эритроцитов и концентрации гемоглобина в периферической крови на 3,6% и 3,7% соответственно в сравнении со значениями в 1 сутки в группе Б и на 4,9% и 3,5% относительно испытуемых группы А, принимавших плацебо (табл. 1).

Известно, что ММ стимулирует эритропоэз [2, 3, 6-8]. Механизм этого процесса остается невыясненным. Однако можно предположить, что указанный эффект связан с трофотропными свойствами ММ, которые проявляются ненасыщенными свободными жирными кислотами (СЖК) с короткой цепью (до 10 атомов углерода) и многокомпонентным пептидным составом ММ

Таблица 1

Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови спортсменов до и после приема веществ (M±σ)

Table 1

Content of erythrocytes and hemoglobin in the blood of the athletes before and after taking the substances (M±σ)

Показатель, ед. измерения/ Parameter, measurement unit	Группа А (n=8) 1-е сутки/ Group A (n=8) 1 <sup>st</sup> day	Группа А (n=8) 10-е сутки/ Group A (n=8) 10 <sup>th</sup> day	Группа Б (n=8) 1-е сутки/ Group B (n=8) 1 <sup>st</sup> day	Группа Б (n=8) 10-е сутки/ Group B (n=8) 10 <sup>th</sup> day
Эритроциты, ×10 <sup>12</sup> /л/ Erythrocytes, ×10 <sup>12</sup> /l	5,81±0,09	5,73±0,05	5,80±0,21	6,01±0,29**
Гемоглобин, г/л/ Hemoglobin, g/l	157,13±3,27	156,51±3,63	156,25±3,11	162,01±3,21**

× – p < 0,05 по отношению к группе А на 1-е сутки/p < 0.05 with respect to group A on the 1<sup>st</sup> day

# – p < 0,05 по отношению к группе Б на 1-е сутки/p < 0.05 with respect to group B on the 1<sup>st</sup> day

\* – p < 0,05 по отношению к группе А на 10-е сутки/p < 0.05 with respect to group A on the 10<sup>th</sup> day

[2, 3, 6]. СЖК являются предшественниками простагландинов, которые играют важную роль в стимуляции выработки эритропоэтина [3]. По мнению Morita Н. и соавт., наиболее вероятной причиной усиления эритропоэза является увеличение концентрации тестостерона в сыворотке у испытуемых в результате ежедневного приема ММ в дозе 3 г/сут в течение 6 месяцев [8].

Вместе с тем динамике подверглись также показатели лейкоцитарной формулы крови: количество лимфоцитов в крови спортсменов группы Б достоверно увеличилось на 51%, а уровень сегментоядерных нейтрофилов статистически значимо уменьшился на 23% по сравнению

с испытуемыми, принимавшими в течение 10-ти суток плацебо (рис.).

Можно предположить, что прием пчелиного маточного молочка и кофермента Q10 инициирует развитие реакции повышенной активации в организме спортсменов, характеризующейся стимуляцией лимфоцитоза. По-видимому, вышеуказанные изменения связаны с иммуномодулирующим действием компонентов маточного молочка пчел [2, 6]. Полученные данные согласуются с исследованиями как отечественных, так и зарубежных авторов [2, 6, 7, 9-11]. Так, целым рядом исследователей показано, что ММ стимулирует пролиферацию лимфо-

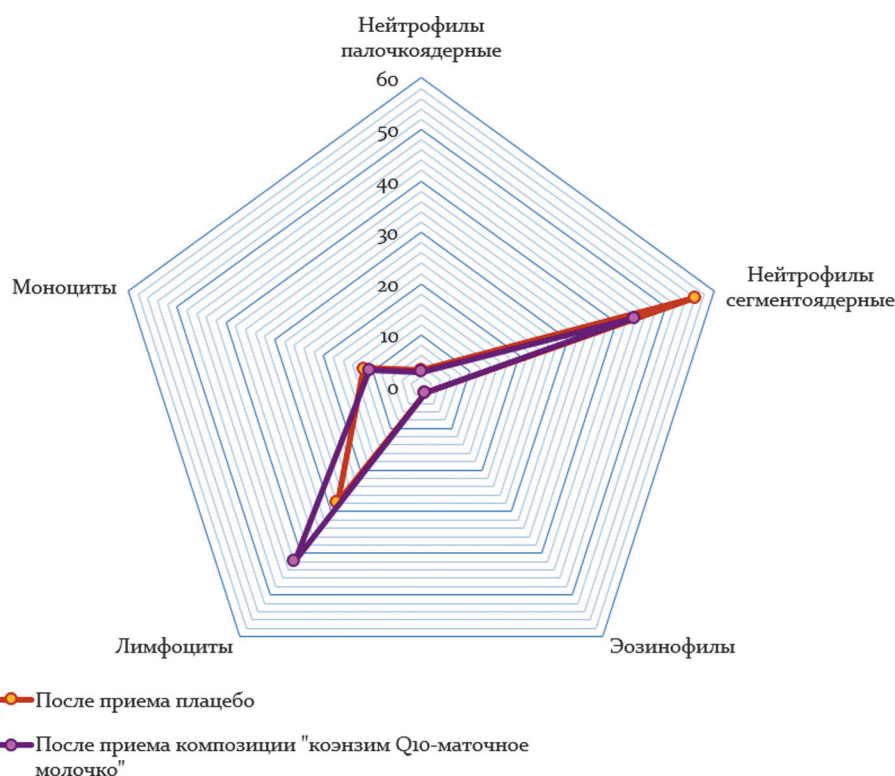


Рис. Лейкоцитарная формула крови спортсменов после приема веществ

Pic. Content of the different white blood cells in the blood of the athletes after taking the substances

цитов [7, 9, 10]. Pavel С.І. и соавт. отмечают, что ММ содержит аминок- и гамма-глобулин, ненасыщенные жирные кислоты, гормоны, ферменты, белки, витамин Е и витамин А, которые помогают иммунной системе локализовать распространение и возможные последствия стресс-реакции [11].

При включении в адаптационную терапию композиции «маточное молочко-кофермент Q10» зарегистрированы достоверные различия значений спирометрических показателей между группами спортсменов на 1-е и 10-е сутки исследования (табл. 2).

Так, число дыхательных движений у спортсменов группы Б на 10 сутки приема маточного молочка и коэнзима Q10 статистически значимо уменьшилось на 12,7% в сравнении со значениями в группе Б в 1 сутки исследования и на 14,2% сравнительно с испытуемыми на 10 сутки приема плацебо, а дыхательный и минутный объем достоверно увеличились на 6,5% и 14,7% и на 6,2% и 14,5% соответственно. Такие изменения спирометрических показателей отразились и на метаболизме кардиореспираторной системы спортсменов группы Б, что выжалось в повышении парциального давления

СО<sub>2</sub> в выдыхаемой воздушной смеси на 43,9% при снижении его концентрации в альвеолярной на 21,4% по сравнению с испытуемыми группы А на 10 сутки приема плацебо. У спортсменов группы Б также обнаружено уменьшение количества О<sub>2</sub> в выдыхаемом и альвеолярном воздухе на 49,5% и 17,6% в отношении значений, полученных в 1 сутки исследования внутри группы, и на 50,6% и 19,1% соответственно относительно значений спортсменов, принимавших в течение 10 суток плацебо. Полученные нами результаты свидетельствуют о более эффективном использовании организмом спортсменов группы Б вдыхаемой воздушной смеси, что, вероятно, обеспечено реализацией двух процессов: во-первых, за счет гормоноподобных соединений ММ, активизирующих функциональное состояние легочной ткани [2], происходит увеличение парциального давления О<sub>2</sub> в артериальной крови; во-вторых, за счет действия кофермента Q10, который, выступая в качестве акцептора и промежуточного переносчика электронов в процессе митохондриального фосфорилирования, ускоряет потребление кислорода клетками [12-14]. Полученные нами данные находят подтверждение в исследовании

Таблица 2

Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови спортсменов до и после приема веществ (M±σ)

Table 2

Content of erythrocytes and hemoglobin in the blood of the athletes before and after taking the substances (M±σ)

Показатель, ед. измерения/ Parameter, measurement unit	Группа А (n=8) 1-е сутки/ Group А (n=8) 1 <sup>st</sup> day	Группа А (n=8) 10-е сутки/ Group А (n=8) 10 <sup>th</sup> day	Группа Б (n=8) 1-е сутки/ Group В (n=8) 1 <sup>st</sup> day	Группа Б (n=8) 10-е сутки/ Group В (n=8) 10 <sup>th</sup> day
Дыхательный объем, мл/ Respiratory volume, ml	373,04±25,16	371,71±22,21	372,63±20,44	395,91±33,56 <sup>#</sup>
Минутный объем дыхания, л/мин/ Respiratory minute volume, l/min	6,83±0,35	6,81±0,87	6,82±0,37	7,81±0,29 <sup>**</sup>
Частота дыхания, вдох/мин/ Respiratory frequency, breaths/min	13,78±1,68	13,66±1,72	13,37±1,69	11,72±1,71 <sup>#</sup>
pCO <sub>2</sub> в выдыхаемой воздушной смеси, мм рт. ст./ pCO <sub>2</sub> in expired air, mmHg	24,28±1,11	24,33±1,33	25,24±1,09	35,01±1,01 <sup>**</sup>
pCO <sub>2</sub> в альвеолярной воздушной смеси, мм рт. ст./ Alveolar pCO <sub>2</sub> , mmHg	41,78±0,33	42,06±0,26	41,99±0,42	33,08±0,49 <sup>**</sup>
pO <sub>2</sub> в выдыхаемой воздушной смеси, мм рт. ст./ pO <sub>2</sub> in expired air, mmHg	218,85±0,74	221,01±0,31	216,38±0,58	109,21±1,04 <sup>**</sup>
pO <sub>2</sub> в альвеолярной воздушной смеси, мм рт. ст./ Alveolar pO <sub>2</sub> , mmHg	115,12±0,69	116,44±0,77	114,39±0,52	94,25±0,78 <sup>**</sup>

× – p < 0,05 по отношению к группе А на 1-е сутки/ p < 0.05 with respect to group А on the 1<sup>st</sup> day;

# – p < 0,05 по отношению к группе Б на 1-е сутки/ p < 0.05 with respect to group В on the 1<sup>st</sup> day;

\* – p < 0,05 по отношению к группе А на 10-е сутки/ p < 0.05 with respect to group А on the 10<sup>th</sup> day

Demirci N., который утверждает, что коэнзим Q10 может значительно увеличивать использование кислорода клетками [15]. Автором показано, что прием кофермента Q10 ложечками в дозе 100 мг/сут и 200 мг/сут в течение 14 дней увеличивает жизненную емкость легких, объем форсированного выдоха, форсированную жизненную емкость легких и максимальное потребление кислорода [15]. Аналогичные результаты получены в работе Gharahdaghi N. и соавт., которые установили повышение максимального потребления кислорода у футболистов в результате приема коэнзима Q10 в течение 4 недель [16]. Ранее в исследовании Ylikoski и соавт. показан рост максимального потребления кислорода, аэробного и анаэробного порога у высококвалифицированных лыжников в ответ на прием коэнзима Q10 в дозе 90 мг/сут в течение 6 недель [17]. Khanvari T. и соавт. установили увеличение максимального потребления кислорода у испытуемых, не занимающихся спортом, после 14 суток приема коэнзима Q10 в дозе 5,2 мг/кг/сут. [18]. При этом Rosenfeldt F. и соавт. обобщены результаты одиннадцати исследований, в ходе которых изучалось влияние коэнзима Q10 на максимальное потребление кислорода. В шести исследованиях показано статистически значимое увеличение максимального потребления кислорода, в среднем на 8% (от 3% до 18%), в результате приема кофермента Q10 испытуемыми в дозе 90-100 мг/сут в течение от 4 до 8 недель [19]. Среди шести исследований, демонстрирующих положительное влияние приема коэнзима Q10 на максимальное потребление кислорода, четыре проводилось со спортсменами, в том числе два из них без идентификации принадлежности атлета к определенному виду спорта, и два – с привлечением людей, не занимающихся спортом. В пяти других исследованиях, по мнению Rosenfeldt F. и соавт., не было выявлено статистически значимого увеличения максимального потребления кислорода испытуемыми [19]. Несоответствия результатов приведенных выше исследований, вероятно, могут быть связаны с различиями в особенностях организации эксперимента (способа введения коэнзима Q10 в организм, дозировки, продолжительности приема, контингента испытуемых и др.), наличием локализованных недостатков коэнзима Q10 у отдельных групп испытуемых и др. Полезность превентивного использования экзогенного коэнзима Q10 в качестве биологически активной добавки к пище, как представляется, может иметь место в тех случаях, когда его концентрация в организме неуклонно снижается вследствие влияния различных стресс-факторов, к которым, безусловно, можно отнести систематическую интенсивную физическую деятельность в практике спортивной подготовки.

Выявленные изменения гематологических и спирометрических показателей, по-видимому, оказали влияние на рост результативности спортсменов, принимавших композицию «маточное молочко-кофермент Q10»: на 10-е сутки исследования среднее время преодоления дистанции 200 м спортсменами группы Б на 1,49% было

меньше значений аналогичного показателя в группе Б в 1 сутки исследования, что согласуется с данными литературы [20, 21]. В исследовании Leelarungrayub D. и соавт. показано, что ежедневный прием коэнзима Q10 в дозе 300 мг/сут в течение 12 дней улучшает среднее время преодоления дистанции 100 метров плаванием у испытуемых [20]. Согласно результатам Gokbel H. и соавт., коэнзим Q10 увеличивает среднюю мощность выполнения 5 повторения в предъявленном контрольном тесте и может применяться в качестве эргогенного средства [21]. Логично предположить, что на увеличение толерантности организма к выполнению физических упражнений преимущественно анаэробной направленности оказывает усиление активности звеньев системы антиоксидантной защиты с лимитацией форсированного образования продуктов окислительной модификации макромолекул [1, 2], а также увеличение мощности и метаболической емкости механизмов энергообеспечения компонентами исследуемой композиции [3]. Rosenfeldt F.L. и соавт. показано, что прием коэнзима Q10 стимулирует синтез АТФ в митохондриях, шунтирует дефектные компоненты дыхательной цепи и уменьшает эффекты окислительного стресса [19]. Так как известно, что использование коэнзима Q10 возрастает при выполнении физических упражнений, исследователи полагают, что превентивная терапия коферментом Q10 до напряженной двигательной деятельности может улучшать деятельность миокарда во время и после ее прекращения [19], а также обеспечивает адаптацию организма к такого рода деятельности [22]. В свою очередь, содержание в ММ деценовых и декановых кислот, пептидов, моно- и олигосахаридов, и ряда других веществ также может оказывать положительное влияние на энергетическое обеспечение миокарда [23] и торможение процесса ПОЛ [24].

Таким образом, анализируя динамику изучаемых показателей, можно судить о достижении положительного адаптационного эффекта у спортсменов в ответ на прием композиции ММ и Q10, сопровождающегося ростом уровня физической подготовленности и результативности по итогам выполнения испытуемыми контрольного тестирования, что позволяет утверждать об эргогенном действии названной комбинации веществ.

#### 1.4 Выводы

Сочетанное применение Q10 и ММ приводит к увеличению содержания эритроцитов, лимфоцитов, повышению концентрации гемоглобина в периферической крови высококвалифицированных пловцов, а также увеличению дыхательного и минутного объема, снижению  $pCO_2$  и  $pO_2$  в альвеолярной воздушной смеси при росте  $pCO_2$  и уменьшении  $pO_2$  в выдыхаемом воздухе, повышению результативности спортсменов по итогам выполнения ими контрольного испытания. Таким образом, можно заключить, что использование указанной композиции веществ может быть целесообразно в практике спортивной подготовки.



Список литературы

1. Контрощикова К.Н., Крылов В.Н., Овчинников А.Н., Тихомирова Ю.Р., Колегова Т.И., Торшакова Г.А. Оценка влияния фармакологической композиции «мёд-маточное молочко-убихинон-10» на прооксидантно-антиоксидантный гомеостаз спортсменов // Медицинский альманах. 2017. №2. С. 104-7. DOI: 10.21145/2499-9954-2017-2-104-107.
2. Крылов В.Н., Агафонов А.В., Кривцов Н.И., Лебедев В.И., Бурмистрова Л.А., Ошевенский Л.В., Сокольский С.С. Теория и средства апитерапии. М.: Комилфо, 2007. 296 с.
3. Овчинников А.Н., Селезнёв В.В., Крылова Е.В., Крылов В.Н. Влияние пчелиного маточного молочка и убихинона-10 на содержание гемоглобина и лактата в крови высококвалифицированных пловцов в предсоревновательном периоде // Теория и практика физической культуры. 2016. №11. С. 29-31.
4. Смирнова А.В. Лабораторные работы большого практикума по физиологии и биохимии человека и животных. Раздел: физиология крови. Н. Новгород: ННГУ, 1995. 31 с.
5. World Medical Association Declaration of Helsinki. Recommendation guiding physicians in biomedical research involving human subjects // Journal of the American Medical Association. 1997. Vol.277, №11. P. 925-6. DOI: 10.1001/jama.1997.03540350075038. URL: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/414713>.
6. Bogdanov S. Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review // Bee Product Science. 2012. Vol.12. P. 1-32.
7. Zahran AM, Elsayh KI, Saad K, Elouseily EM, Osman NS, Alblihed MA, Badr G, Mahmoud MH. Effects of royal jelly supplementation on regulatory T cells in children with SLE // Food & Nutrition Research. 2016. Vol.60. P. 32963. DOI: 10.3402/fnr.v60.32963.
8. Morita H, Ikeda T, Kajita K, Fujioka K, Mori I, Okada H, Uno Y, Ishizuka T. Effect of royal jelly ingestion for six months on healthy volunteers // Nutrition Journal. 2012. Vol.11, №1. P. 77. DOI: 10.1186/1475-2891-11-77.
9. Watanabe K, Shinmoto H, Kobori M, Tsushida T, Shinohara K, Kanaeda J, Yonekura M. Growth stimulation with honey royal jelly DIII protein of human lymphocytic cell lines in a serum-free medium // Biotechnology Techniques. 1996. Vol.10, №12. P. 959-62. DOI:10.1007/BF00180402.
10. Kurkure NV, Kognole SM, Pawar SP, Ganorkar AG, Bhandarkar AG, Ingle VC, Kalorey DR. Effect of royal jelly as immunomodulator in chicks // Journal of Immunology & Immunopathology. 2000. Vol.2, №1/2. P. 84-7.
11. Pavel CI, Marghitas LA, Bobis O, Dezmirean DS, Sapca-liu A, Radoi I, Madas MN. Biological activities of royal jelly – review // Animal Science and Biotechnologies. 2011. Vol.44, №2. P. 108-18.
12. Крылов В.Н., Лукьянова Л.Д. Антигипоксическое действие экзогенного убихинона (коэнзима Q). В моногр.: Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты. М., 2004. С. 488-513.
13. Ali AM, Awaad AG. Protective effect of coenzyme q10 against exercise-induced oxidative stress-mediated muscle fatigue in professional sportsmen // Pharmanest. 2014. Vol.5, №3. P. 2011-8.
14. Armanfar M, Jafari A, Dehghan GR. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced response of oxidative stress and muscle damage indicators in male runners // Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2015. Vol.17, №8. P. 29-33. DOI: 10.17795/zjrms1023.
15. Demirci N. Effect of 14-day coenzyme Q10 supplement in male skiers on  $VO_{2max}$  and respiratory parameters // Sylvan. 2015. Vol.159, №6. P. 350-9.

References

1. Kontorshchikova KN, Krylov VN, Ovchinnikov AN, Tihomirova YuR, Kolegova TI, Torshakova GA. Evaluation of effect of pharmacological composition «Honey-Royal Jelly-Ubiquinone-10» on prooxidative-antioxidative homeostasis of sportsmen. Meditsinskiy almanah. 2017;(2):104-7. DOI: 10.21145/2499-9954-2017-2-104-107. Russian.
2. Krylov VN, Agafonov AV, Krivcov NI, Lebedev VI, Burmistrova LA, Oshevskiy LV, Sokolskiy SS. Theory and means of apitherapy. Moscow, Komilfo, 2007. 296 p. Russian.
3. Ovchinnikov AN, Seleznev VV, Krylova EV, Krylov VN. Effect of royal jelly and ubiquinone-10 on blood hemoglobin and lactate levels of elite swimmers in pre-season. Teoriya i praktika fizicheskoy kultury (Theory and practice of physical culture). 2016;(11):29-31. Russian.
4. Smirnova AV. Laboratory works of a large practical work on the physiology and biochemistry of humans and animals. Section: Blood physiology. Nizhny Novgorod, NNGU, 1995. 31 p. Russian.
5. World Medical Association Declaration of Helsinki. Recommendation guiding physicians in biomedical research involving human subjects. Journal of the American Medical Association. 1997;277(11):925-6. DOI: 10.1001/jama.1997.03540350075038. URL: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/414713>.
6. Bogdanov S. Royal jelly, bee brood: composition, health, medicine: a review. Bee Product Science. 2012;12:1-32.
7. Zahran AM, Elsayh KI, Saad K, Elouseily EM, Osman NS, Alblihed MA, Badr G, Mahmoud MH. Effects of royal jelly supplementation on regulatory T cells in children with SLE. Food & Nutrition Research. 2016;60:32963. DOI: 10.3402/fnr.v60.32963.
8. Morita H, Ikeda T, Kajita K, Fujioka K, Mori I, Okada H, Uno Y, Ishizuka T. Effect of royal jelly ingestion for six months on healthy volunteers. Nutrition Journal. 2012;11(1):77. DOI:10.1186/1475-2891-11-77.
9. Watanabe K, Shinmoto H, Kobori M, Tsushida T, Shinohara K, Kanaeda J, Yonekura M. Growth stimulation with honey royal jelly DIII protein of human lymphocytic cell lines in a serum-free medium. Biotechnology Techniques. 1996;10(12):959-62. DOI: 10.1007/BF00180402.
10. Kurkure NV, Kognole SM, Pawar SP, Ganorkar AG, Bhandarkar AG, Ingle VC, Kalorey DR. Effect of royal jelly as immunomodulator in chicks. Journal of Immunology & Immunopathology. 2000;2(1/2):84-7.
11. Pavel CI, Marghitas LA, Bobis O, Dezmirean DS, Sapca-liu A, Radoi I, Madas MN. Biological activities of royal jelly – review. Animal Science and Biotechnologies. 2011;44(2):108-18.
12. Krylov VN, Lukyanova LD. Antihypoxic effect of exogenous ubiquinone (coenzyme Q). In: Problems of hypoxia: molecular, physiological and medical aspects. Moscow, 2004. P. 488-513. Russian.
13. Ali AM, Awaad AG. Protective effect of coenzyme q10 against exercise-induced oxidative stress-mediated muscle fatigue in professional sportsmen. Pharmanest. 2014;5(3):2011-8.
14. Armanfar M, Jafari A, Dehghan GR. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced response of oxidative stress and muscle damage indicators in male runners. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2015;17(8):29-33. DOI: 10.17795/zjrms1023.
15. Demirci N. Effect of 14-day coenzyme Q10 supplement in male skiers on  $VO_{2max}$  and respiratory parameters. Sylvan. 2015;159(6):350-9.

16. Gharahdaghi N, Shabkhiz F, Azarboo E, Keyhanian A. The effects of daily coenzyme Q10 supplementation on  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$  and intermittent exercise performance in soccer players // Life Science Journal. 2013. Vol.10, №8s. P. 22-8.

17. Ylikoski T, Piirainen J, Hanninen O, Penttinen J. The effect of coenzyme Q10 on the exercise performance of cross-country skiers // Molecular Aspects of Medicine. 1997. Vol.18. P. 283-90. DOI: 10.1016/S0098-2997(97)00038-1.

18. Khanvari T, Rezaei B, Sardari F, Safaeipour S. The effect of 14 days coenzyme Q10 supplementation on muscle damage markers and fatigue in inactive male // International Journal of Sport Studies. 2016. Vol.6, №4. P. 220-6.

19. Rosenfeldt F, Hilton D, Pepe S, Krum H. Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure // Biofactors. 2003. Vol.18, №1-4. P. 91-100. DOI: 10.1002/biof.5520180211.

20. Leelarungrayub D, Sawattikanon N, Klaphajone J, Pothongsunan P, Bloomer RJ. Coenzyme Q10 supplementation decreases oxidative stress and improves physical performance in young swimmers: a pilot study // The Open Sports Medicine Journal. 2010. Vol.4. P. 1-8. DOI: 10.2174/1874387001004010001.

21. Gokbel H, Gul I, Belviranl M, Okudan N. The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men // Journal of Strength and Conditioning Research. 2010. Vol.24, №1. P. 97-102. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a61a50.

22. Littarru GP, Tiano L. Clinical aspects of coenzyme Q10: an update // Nutrition. 2010. Vol.26, №3. P. 250-4. DOI: 10.1016/j.nut.2009.08.008.

23. Terada Y, Narukawa M, Watanabe T. Specific hydroxy fatty acids in royal jelly activate TRPA1 // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. Vol.59, №6. P. 2627-35. DOI: 10.1021/jf1041646.

24. El-HanounAM, Elkomy AE, Fares WA, Shahien EH. Impact of royal jelly to improve reproductive performance of male rabbits under hot summer conditions // World Rabbit Science. 2014. Vol.22. P. 241-8. DOI: 10.4995/wrs.2014.1677.

16. Gharahdaghi N, Shabkhiz F, Azarboo E, Keyhanian A. The effects of daily coenzyme Q10 supplementation on  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$  and intermittent exercise performance in soccer players. Life Science Journal. 2013;10(8s):22-8.

17. Ylikoski T, Piirainen J, Hanninen O, Penttinen J. The effect of coenzyme Q10 on the exercise performance of cross-country skiers. Molecular Aspects of Medicine. 1997;18:283-90. DOI: 10.1016/S0098-2997(97)00038-1.

18. Khanvari T, Rezaei B, Sardari F, Safaeipour S. The effect of 14 days coenzyme Q10 supplementation on muscle damage markers and fatigue in inactive male. International Journal of Sport Studies. 2016;6(4):220-6.

19. Rosenfeldt F, Hilton D, Pepe S, Krum H. Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure. Biofactors. 2003;18(1-4):91-100. DOI:10.1002/biof.5520180211.

20. Leelarungrayub D, Sawattikanon N, Klaphajone J, Pothongsunan P, Bloomer RJ. Coenzyme Q10 supplementation decreases oxidative stress and improves physical performance in young swimmers: a pilot study. The Open Sports Medicine Journal. 2010;4:1-8. DOI: 10.2174/1874387001004010001.

21. Gokbel H, Gul I, Belviranl M, Okudan N. The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(1):97-102. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a61a50.

22. Littarru GP, Tiano L. Clinical aspects of coenzyme Q10: an update. Nutrition. 2010;26(3):250-4. DOI:10.1016/j.nut.2009.08.008.

23. Terada Y, Narukawa M, Watanabe T. Specific hydroxy fatty acids in royal jelly activate TRPA1. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011;59(6):2627-35. DOI:10.1021/jf1041646.

24. El-HanounAM, Elkomy AE, Fares WA, Shahien EH. Impact of royal jelly to improve reproductive performance of male rabbits under hot summer conditions. World Rabbit Science. 2014;22:241-8. DOI: 10.4995/wrs.2014.1677.

#### Сведения об авторах:

**Овчинников Александр Николаевич**, аспирант Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0001-7527-3503 (+7 (904) 066-44-57, alexander\_ovchinnikov91@mail.ru)

**Шабалин Михаил Александрович**, ассистент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0003-2070-4948

**Копылова Светлана Вячеславовна**, доцент кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0002-5527-9075

**Дерюгина Анна Вячеславовна**, заведующая кафедрой физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России, д.б.н., доцент. ORCID ID: 0000-0001-8812-8559

**Крылов Василий Николаевич**, профессор кафедры физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России, д.б.н., профессор. ORCID ID: 0000-0001-8344-5619

**Кузьмин Вадим Геннадьевич**, заведующий кафедрой теории и методики прикладных и технических видов спорта Факультета физической культуры и спорта ФГАОУ ВО НИ НГУ им. Н.И. Лобачевского Минобрнауки России, к.физ.-мат.н., профессор. ORCID ID: 0000-0002-8935-3085

**Воронин Денис Иванович**, декан Факультета физической культуры и спорта ФГБОУ ВО НГПУ им. Козьмы Минина Минобрнауки России, к.п.н., доцент. ORCID ID: 0000-0002-9426-9080

**Шабалина Ольга Владимировна**, студент Факультета физической культуры и спорта ФГБОУ ВО НГПУ Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0002-9250-8869

#### Information about the authors:

**Aleksandr N. Ovchinnikov**, Postgraduate Student of the Institute of Biology and Biomedicine of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0001-7527-3503 (+7 (904) 066-44-57, alexander\_ovchinnikov91@mail.ru)

**Mikhail A. Shabalin**, Assistant of the Institute of Biology and Biomedicine of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0003-2070-4948

**Svetlana V. Kopylova**, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Physiology and Anatomy of the Institute of Biology and Biomedicine of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0002-5527-9075

**Anna V. Deryugina**, D.Sc. (Biology), Associate Prof., Head of the Department of Physiology and Anatomy of the Institute of Biology and Biomedicine of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0001-8812-8559

**Vasily N. Krylov**, D.Sc. (Biology), Prof., Professor of the Department of Physiology and Anatomy of the Institute of Biology and Biomedicine of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0001-8344-5619

**Vadim G. Kuzmin**, Ph.D. (Physics), Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Applied and Technical Kind of Sport of the Faculty of Physical Culture and Sports of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0002-8935-3085

**Denis I. Voronin**, Ed.D., Associate Professor, Dean of the Faculty of Physical Culture and Sports of the Minin State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0002-9426-9080

**Olga V. Shabalina**, Student of the Faculty of Physical Culture and Sports of the Minin State University of Nizhny Novgorod. ORCID ID: 0000-0002-9250-8869

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

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

Поступила в редакцию: 24.04.2018

Принята к публикации: 15.05.2018

Received: 24 April 2018

Accepted: 15 May 2018

### Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»



#### Основы скандинавской ходьбы

Ачкасов Е.Е., Володина К.А., Руненко С.Д.

В учебном пособии представлены теоретические и практические аспекты скандинавской ходьбы, которая рассмотрена не только в контексте оздоровительных технологий, но и как средство медицинской реабилитации. Изложена история распространения скандинавской ходьбы, представлены клинично-функциональное обоснование использования скандинавской ходьбы в медицинской реабилитации, особенности врачебного контроля, санитарно-гигиенические требования, экипировка и техническое оснащение занятий скандинавской ходьбой. В отдельных главах подробно рассмотрены вопросы построения тренировочного занятия и техника скандинавской ходьбы, возможности ее использования для развития разных физических качеств человека. Усвоению материала учебного пособия способствуют тестовые задания и вопросы для самоконтроля. В приложениях к пособию содержится дополнительная информация, необходимая для медицинского обследования при занятиях скандинавской ходьбой и оценки ее эффективности, представлены примерные комплексы упражнений при занятиях скандинавской ходьбой.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по программам дополнительного профессионального образования врачей по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина», других специалистов в области медицинской реабилитации и врачей смежных специальностей, может быть полезно студентам, обучающимся по специальности «Лечебное дело», «Педиатрия», «Медико-профилактическое дело», «Стоматология», инструкторам по лечебной физкультуре.

Книгу можно заказать в редакции журнала по телефону: +7 (499) 248-08-21 или по e-mail: [info@smjournal.ru](mailto:info@smjournal.ru)



## Продолжительность физической работы до отказа и ее «физиологическая цена» у испытуемых с различной направленностью изменения легочной вентиляции после курса гиповентиляционных тренировок

С.Я. Классина

ФГБУН Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина,  
Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить продолжительность физической работы до отказа и ее «физиологическую цену» у испытуемых с различной направленностью изменения легочной вентиляции после обучения гиповентиляционному дыханию (ГВД) на фоне физических упражнений. **Материалы и методы:** обследованы 12 юношей, которые до и после обучения выполняли тестовую нагрузку на велоэргометре до отказа. Регистрировали электрокардиограмму, пневмограмму, показатели спирометрии, уровень насыщения артериальной крови кислородом, продолжительность физической работы до отказа. Расчётным путем оценивали ее «физиологическую цену» и параметры гемодинамики. **Результаты:** после обучения ГВД в зависимости от направленности изменения величины легочной вентиляции выделены две группы испытуемых: «группа 1» – повышающая легочную вентиляцию и «группа 2» – сохраняющая ее исходный уровень. Показано, что гиповентиляционный тренинг оказал различное влияние на функциональное состояние испытуемых выделенных групп. После гиповентиляционных тренировок продолжительность работы до отказа повышалась в обеих группах, однако только у испытуемых «группы 2» работа сопровождалась ростом «физиологической цены» ( $p < 0,05$ ). **Выводы:** повышение легочной вентиляции после обучения ГВД на фоне физических упражнений является предиктором выносливости испытуемого в работе до отказа без увеличения «физиологической цены».

**Ключевые слова:** гиповентиляционное дыхание, легочная вентиляция, выносливость

**Для цитирования:** Классина С.Я. Продолжительность физической работы до отказа и ее «физиологическая цена» у испытуемых с различной направленностью изменения легочной вентиляции после курса гиповентиляционных тренировок // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 28-33. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.28.

## The duration of physical work to failure and its «physiological price» in subjects with the different directionality of change in pulmonary ventilation after a course of hypoventilation training

Svetlana Ya. Klassina

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

### ABSTRACT

**Objective:** to study the duration of physical work to failure and its «physiological price» in subjects with different directionality of pulmonary ventilation changes after training of hypoventilational breathing in the background of physical exercises. **Materials and methods:** twelve young men who performed a test load on a bicycle ergometer to failure before and after training were examined. The ECG, pneumogram, spirometry parameters, arterial oxygen saturation level, and the duration of physical work to failure were recorded. The «physiological price» and parameters of hemodynamics were calculated. **Results:** after training of hypoventilational breathing, depending on the directionality of the change in pulmonary ventilation, two groups of subjects were identified: «group 1» - increasing pulmonary ventilation and «group 2» – maintaining its baseline level. It was shown, that hypoventilation training had a different effect on the functional state of the subjects of the selected groups. After hypoventilation training, the duration of work to failure was increased in both groups, but only for subjects of the «group 2», the physical work was accompanied by an increase in the «physiological price» ( $p < 0.05$ ). **Conclusion:** the increase in pulmonary ventilation after the hypoventilation breath training against the background of physical exercises is a predictor of the endurance of the subject during the work to failure without increasing the «physiological price».

**Key words:** hypoventilation breathing, pulmonary ventilation, endurance

**For citation:** Klassina SYa. The duration of physical work to failure and its «physiological price» in subjects with the different directionality of change in pulmonary ventilation after a course of hypoventilation training. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):28-33. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.28.



### 1.1 Введение

Проблема интенсификации спортивной деятельности всегда сопряжена с разработками новых нелекарственных технологий, направленных на повышение физической работоспособности спортсмена, выявление его скрытых резервов [1, 2]. Одним из таких средств является воздействие на дыхательную систему спортсмена. Известно, что формирование у человека произвольного гиповентиляционного дыхания (ГВД) способствует повышению его устойчивости к гипоксии, интенсификации кровообращения и «экономизации» дыхания, что, в конечном итоге, обуславливает выраженное повышение времени физической работы до отказа. В основе обучения ГВД лежит формирование у человека нового паттерна дыхания, характеризующегося снижением частоты дыхания на фоне неизменной легочной вентиляции [3]. Однако, гиповентиляционная тренировка, проводимая на фоне выполнения физических упражнений, может сделать дыхание отдельных индивидуумов неэкономным, т.е. когда после тренировки частота дыхания и легочная вентиляция не снижаются, а, наоборот, растут. Возникает вопрос: как изменится время физической работы до отказа и ее «физиологическая цена» в зависимости от направленности изменения легочной вентиляции после обучения ГВД на фоне физических упражнений.

**Цель исследования** – изучить продолжительность физической работы до отказа и ее «физиологическую цену» в зависимости от направления изменений легочной вентиляции у испытуемых после обучения гиповентиляционному дыханию на фоне физических упражнений.

### 1.2 Материалы и методы

В исследовании приняли участие 12 практически здоровых добровольцев (мужчины, 18-19 лет), регулярно занимавшихся физической культурой. Все обследуемые были заблаговременно проинформированы о характере предлагаемого эксперимента и дали письменное согласие на участие в исследованиях. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина.

Гиповентиляционная тренировка была направлена на обучение испытуемых гиповентиляционному дыханию (ГВД) на фоне физических упражнений. При этом испытуемые на фоне задержки дыхания на вдохе выполняли приседания до отказа, после чего через 2 минуты отдыха следовало 15-минутное обучение методике ГВД. После 2-х-минутного отдыха приседания до отказа и 15-минутное обучение ГВД повторяли вновь. При этом в основе обучения ГВД лежали дыхательные тренировки по схеме: вдох – 1,2 с, выдох – 1,5 с, пауза после выдоха – (7-10 с), направленные на формирование у испытуемых уреженного дыхания. Такого рода обучение проводили 2 раза в неделю, по 60 мин в течение 5 недель [1].

До и после обучения ГВД, проводимого на фоне физических упражнений, испытуемые принимали участие в 2-х однотипных исследованиях, где им было предло-

жено выполнить нагрузочное тестирование на велоэргометре до отказа (мощность нагрузки – 160 Вт). Скорость вращения педалей была постоянной и составляла 1 об/с (прибор «SIGMA – bc-509», датчик которого крепился к педали велоэргометра). В процессе обследований испытуемые пребывали в следующих состояниях: «исходное состояние» (2,5 мин), «разминка-60 Вт» (2 мин), «тестовая физическая нагрузка до отказа» при мощности 160 Вт на фоне постоянной скорости вращения педалей – 1 об/с, «восстановление» (6 мин), «завершающее состояние» (2,5 мин). Для нагрузочного тестирования был использован велоэргометр «SportsArt 5005», а само тестирование велось под контролем электрокардиографии (ЭКГ) и пневмографии (компьютерный электрокардиограф «Поли-Спектр-8», «Нейрософт», Иваново). ЭКГ регистрировали в I стандартном отведении и грудном отведении «V5». На основе анализа ЭКГ и пневмограммы оценивали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) и частоту дыхания (ЧД, 1/мин), а также зубцы и сегменты ЭКГ. В момент отказа от тестовой физической нагрузки оценивали время физической работы до отказа (Т-отк,с) и ее «физиологическую цену» (ρ, %). Расчет «физиологической цены» (ρ, %) до и после обучения ГВД производили по формуле:

$$\rho = \sqrt{\sigma_{\text{чсс}}^2 + \sigma_{\text{чд}}^2}$$

где  $\sigma_{\text{чсс}} = 100\% * (\text{ЧССн} - \text{ЧССфон}) / \text{ЧССфон}$ ;  $\sigma_{\text{чд}} = 100\% * (\text{ЧДн} - \text{ЧДфон}) / \text{ЧДфон}$ . Значения ЧССн (ЧДн) и ЧССфон (ЧДфон) – значения ЧСС (ЧД) в момент отказа от нагрузки и в фоне соответственно.

Кроме того, в исходном и завершающем состояниях измеряли артериальное давление (АД) (мм рт. ст.) по методу Короткова и параметры внешнего дыхания: жизненную емкость легких – ЖЕЛ (л), форсированную жизненную емкость легких – ФЖЕЛ (л), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду – ОФВ1 (л) с использованием портативного спирометра «SP-1». Измеряли уровень сатурации артериальной крови кислородом (SaO<sub>2</sub>, %) с помощью пальцевого пульсоксиметра (АрмедУХ301). Расчетным путем оценивали индекс Хильдебрандта  $q = \text{ЧСС} / \text{ЧД}$ , а также параметры гемодинамики: ударный объем крови (УОК, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин) и общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС,  $\text{дин} * \text{с} / \text{см}^5$ ) [5]. Оценивали уровень потребности достижения цели на основе психологического опросника «Потребность достижения» [6].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета «Statistica 10», применяя базовые методы параметрической статистики (Break down and One-way ANOVA).

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Проведен индивидуально-типологический анализ, где в зависимости от величины легочной вентиляции (МОД) после обучения ГВД на фоне физических упражнений были выделены две крайние группы испытуемых:

Группа 1 («гр1», 5 человек) – испытуемые, повышающие легочную вентиляцию (МОД > 10 л/мин) после обучения ГВД на фоне физических упражнений; Группа 2 («гр2», 5 человек) – испытуемые, сохраняющие исходный уровень легочной вентиляции (МОД < 8 л/мин) после обучения ГВД на фоне физических упражнений. Контрольная группа отсутствовала, поскольку сравнительный анализ показателей проводился у испытуемых «гр.1» и «гр.2».

Заметим, что выделенные группы испытуемых практически не различались по антропометрическим показателям, однако испытуемые «гр1» оказались более мотивированы к достижению поставленной цели, что нашло свое отражение в достоверно более высоком исходном уровне мотивации  $13,6 \pm 0,4$  балла по сравнению с уровнем мотивации у испытуемых «гр2» –  $11,8 \pm 0,6$  балла ( $p < 0,05$ ).

Сравнивая физиологические показатели испытуемых «гр1» и «гр2» до обучения ГВД в сочетании с физической нагрузкой следует отметить, что они различались незначимо. Однако испытуемые «гр1» исходно характеризовались незначимо более высокими значениями УОК и МОК, более низкими ОПСС и ЧСС, но более высокими значениями показателей ЧД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1, МОД.

Для выявления физиологических реакций на воздействие ГВД на фоне физических упражнений проведен сравнительный анализ одноименных фоновых показателей у испытуемых «гр1» и «гр2» до и после обучения этой методике (табл. 1).

Видно, что обучение ГВД в сочетании с физическими упражнениями оказало различное влияние на функциональное состояние испытуемых «гр1» и «гр2».

Так, у лиц «гр1», имевших после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями высокий уровень легочной вентиляции (МОД > 10 л/мин), со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС) выраженных изменений не обнаружено. Отмечалась лишь слабая тенденция к повышению ЧСС и индекса Хильдебрандта (q), которые, правда, так и не вышли из своих диапазонов нормы. Однако при этом у них отмечались выраженные изменения со стороны функции внешнего дыхания. Так, на фоне слабой тенденции к повышению ЧД, отмечено достоверное повышение ЖЕЛ с  $4,4 \pm 0,3$  до  $5,2 \pm 0,2$  ( $p < 0,05$ ), ФЖЕЛ с  $4,2 \pm 0,3$  до  $5,0 \pm 0,2$  ( $p < 0,05$ ), МОД с  $9,5 \pm 0,6$  до  $11,9 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ), а также тенденции к повышению ОФВ1 и ЧД. Нетрудно понять, что гиповентиляционная тренировка на фоне приседаний до отказа является дополнительной физической нагрузкой на организм испытуемого, а потому требует дополнительных затрат энергии и кислорода соответственно. Вероятно, у лиц «гр1» именно повышение легочной вентиляции является механизмом, позволяющим получить этот дополнительный кислород.

Показано, что величина легочной вентиляции человека зависит не только от тренированности человека, но и от его генетики [7-9]. При интенсивной физической нагрузке определяющим фактором повышения легоч-

ной вентиляции является эластичность легочной ткани [10-11]. Тот факт, что после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями у лиц «гр1» ЧД не только не снизилась, но, наоборот, имела тенденцию к росту на фоне достоверного увеличения ЖЕЛ и МОД, позволяет говорить, что у этих испытуемых обучение ГВД на фоне физических упражнений не «экономизировало» дыхание. Вероятно, в результате повышения легочной вентиляции из легких испытуемых «вымывался»  $\text{CO}_2$ , а, следовательно, повышался рН крови (развивался респираторный алкалоз). На фоне респираторного алкалоза повышалось сродство гемоглобина к кислороду, что создавало условия для ухудшения утилизации кислорода тканями. Эритроциты, полностью «загруженные» кислородом, поступали в артериальную кровь, повышая уровень насыщения артериальной крови кислородом. В пользу этого свидетельствует достоверное повышение показателя  $\text{SaO}_2$  с  $94,6 \pm 1,2$  до  $97,8 \pm 0,5\%$  ( $p < 0,05$ ). Отсюда следует, что у испытуемых «гр1» после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями насыщение артериальной крови кислородом происходит за счет компенсаторного повышения легочной вентиляции. «Экономизации» дыхания не происходит.

Последующее выполнение тестовой физической нагрузки до отказа у испытуемых «гр1», имевших исходно высокий уровень мотивации, характеризовалось увеличением времени работы до отказа (Т-отк) с  $189,2 \pm 45,9$  до  $354,4 \pm 86,5$  с на фоне тенденции к снижению «физиологической цены» этой работы (р%). При этом сдвиг ЧСС по отношению к исходному фону имел тенденцию к снижению, а сдвиг ЧД, наоборот, тенденцию к увеличению (табл. 2).

В связи с тем, что физическая работоспособность испытуемых напрямую зависит от уровня кислорода в крови, то нетрудно понять, что повышение у них легочной вентиляции способствовало насыщению артериальной крови кислородом. Следовательно, у лиц «гр1», имеющих исходно высокий уровень легочной вентиляции, при нагрузочном тестировании отмечается достоверное повышение физической работоспособности на фоне тенденции к снижению «физиологической цены».

Легочная вентиляция у лиц «гр2» исходно находилась в норме (6-8 л/мин). После обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями изменения отмечались как со стороны сердечно-сосудистой системы, так и со стороны системы дыхания (табл. 1). Отмечено достоверное увеличение индекса Хильдебрандта (q) с  $5,3 \pm 0,7$  до  $6,2 \pm 0,5$  ( $p < 0,05$ ), что позволяет говорить об усилении симпатических влияний и дискоординации ритмов сердца и дыхания. Достоверно повысился ударный объем крови (УОК) с  $60,5 \pm 4,8$  до  $73,8 \pm 4,9$  мл ( $p < 0,05$ ), отмечалась тенденция к повышению МОК на фоне тенденции к снижению ЧСС. После обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями отмечено достоверное снижение ЧД с  $16,2 \pm 1,2$  до  $12,0 \pm 0,8$ /мин ( $p < 0,05$ ), тенденция к повышению ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ1, и, в конечном итоге, снижение МОД с  $7,7 \pm 0,6$  до  $6,4 \pm 0,4$  л/мин. Все

Таблица 1

Средние значения фоновых показателей у испытуемых «гр1» и «гр2» до и после обучения ГВД на фоне физических упражнений

Table 1

Average values of baseline indicators in the subjects of «group1» and «group2» before and after of HVB training on the background of physical exercises

Показатель/Indicators	До/после обучения ГВД/ before/after HVB training	«гр1»/group1	«гр2»/group2
		M±m	M±m
АДС, мм рт ст./ systolic blood pressure, mm HG	до/before после/after	135,0 ± 7,2 129,6 ± 8,8	127,2 ± 3,1 126,6 ± 3,3
АДД, мм рт ст./ diastolic blood pressure, mm HG	до/before после/after	76,4 ± 3,9 80,4 ± 4,8	83,8 ± 4,2 71,4 ± 5,7
УОК, мл/ SV, ml	до/before после/after	72,1 ± 4,3 65,0 ± 3,6	60,5 ± 4,8 73,8 ± 4,9**
МОК, л/мин/ CO, l/min	до/before после/after	5,5 ± 0,2 5,6 ± 0,4	5,0 ± 0,5 5,4 ± 0,5
ОПСС, дин*см/с <sup>5</sup> / TPVR, dyne* cm/s <sup>5</sup>	до/before после/after	1397 ± 84 1398 ± 116	1661 ± 224 1389 ± 194
ЧСС, уд/мин/ HR, bpm	до/before после/after	77,0 ± 3,2 87,0 ± 5,6	82,6 ± 5,9 73,0 ± 3,6
q	до/before после/after	4,3 ± 0,4 4,5 ± 0,3	5,3 ± 0,7 6,2 ± 0,5 *
ЧД, л/мин/ RR, l/min	до/before после/after	18,0 ± 0,8 19,2 ± 0,4	16,2 ± 1,2 12,0 ± 0,8 **, **
ЖЕЛ, л/ VC, l	до/before после/after	4,4 ± 0,3 5,2 ± 0,2**	4,0 ± 0,3 4,5 ± 0,2 *
ФЖЕЛ, л/ FVC, l	до/before после/after	4,2 ± 0,3 5,0 ± 0,2**	3,8 ± 0,3 4,3 ± 0,2 *
ОФВ1, л/ FEV1, l	до/before после/after	4,3 ± 0,3 4,6 ± 0,1	3,9 ± 0,3 4,1 ± 0,1 *
ДО, л/ total volume, l	до/before после/after	0,5 ± 0,03 0,6 ± 0,03**	0,5 ± 0,04 0,5 ± 0,02 *
МОД, л/мин/ PMV, l/min	до/before после/after	9,5 ± 0,6 11,9 ± 0,6**	7,7 ± 0,6 6,4 ± 0,4 *
SaO <sub>2</sub> , %	до/before после/after	94,6 ± 1,2 97,8 ± 0,5**	96,2 ± 0,9 96,8 ± 0,8

\*p<0,05 – достоверность межгруппового различия показателей

\*\*p<0,05 – достоверность различия показателя до и после обучения ГВД на фоне физических упражнений

\*p <0,05 – reliability of among-groups difference of indicators

\*\*p <0,05 – reliability of the differences in indices before and after the HVB training against the background of physical exercises

это позволяет говорить о том, что у лиц «гр2» обучение ГВД в сочетании с физическими упражнениями прошло успешно. Можно предположить, что на фоне снижения легочной вентиляции у этих испытуемых в крови развивается респираторный ацидоз (снижение рН), что снижает чувствительности дыхательного центра к CO<sub>2</sub>. На снижение рН крови реагируют рецепторы периферических сосудов, а, следовательно, интенсифицируется работа сердца и системы кровообращения. Снижается сродство гемоглобина к кислороду, а, следовательно, утилизация кислорода тканями улучшается.

Из таблицы 2 следует, что при выполнении тестовой физической нагрузки отмечено повышение временной длительности работы до отказа (Т-отк) с 178,0±32,8 до 337,2±115,0 с на фоне выраженной тенденции к увеличению «физиологической цены» этой работы с 121,2±16,0 до 234,3±64,2%. Вероятно, повышение «физиологической цены» обусловлено ростом сдвигов ЧСС и ЧД по отношению к исходному фону, т.е. показатель  $\sigma_{\text{сд}}$ , % увеличился с 106,7±14,4 до 131,3±13,2%, а  $\sigma_{\text{сд}}$ , % увеличился с 52,4±13,9 до 177,1±74,3% (табл. 2). Следовательно, организм испытуемых «гр.2» после обучения

Таблица 2

Средние значения времени физической работы до отказа (Т-отк, с), частоты сердечных сокращений (ЧССн) и частоты дыхания (ЧДн) в момент отказа от нагрузки, их сдвигов ( $\sigma_{\text{чсс}}$ , %) и ( $\sigma_{\text{чд}}$ , %) по отношению к исходному фону, а также «физиологической цены» ( $\rho$ %) выполненной работы у испытуемых «гр1» и «гр2»

Table 2

The mean values of the time of physical work to failure (T fail, s), heart rate (HR) and respiration rate (RR) at the moment of failure, their shifts ( $\sigma_{\text{HR}}$ , %) and ( $\sigma_{\text{RR}}$ , %) in relation to initial background, and the «physiological price» ( $\rho$ %) of the work, which is performed by the subjects of «group1» and «group2»

Показатель/Indicators	До/после обучения ГВД/ before/after HVB training	«гр1»/group1	«гр2»/group2
		M±m	M±m
Тотк, с/Tfail, s	до/before	189,2± 45,9	178,0 ± 32,8
	после/after	354,4 ± 86,5	337,2 ± 115,0
ЧССн, уд/мин/HR, bpm	до/before	168,6± 4,6	167,6± 3,9
	после/after	166,2 ± 20,6	167,2 ± 4,4
ЧДн, 1/мин/RR, 1/min	до/before	25,4± 0,5	24,4±2,3
	после/after	30,4 ± 1,8	32,4 ± 7,8
$\sigma_{\text{HR}}$ , %	до/before	119,7± 5,7	106,7±14,4
	после/after	89,1 ± 19,5	131,3± 13,2
$\sigma_{\text{RR}}$ , %	до/before	42,4± 7,3	52,4± 13,9
	после/after	58,6 ± 9,8	177,1 ± 74,3
$\rho$ , %	до/before	127,9± 5,1	121,2± 16,0
	после/after	112,4 ± 12,9	234,3 ± 64,2

\*\*p<0,05 – достоверность различий показателей до и после обучения ГВД на фоне физических упражнений

\*\*p <0,05 – reliability of differences in indices before and after HVB training on the background of physical exercises

ГВД на фоне физических упражнений при выполнении тестовой физической нагрузки до отказа «дает системный ответ», выразившийся в одномоментной активации ритма сердца и дыхания, что позволило им практически не отличаться от испытуемых «гр1» по времени выполнения тестовой нагрузки до отказа на фоне повышения «физиологической цены».

Таким образом, после обучения ГВД в сочетании с физическими упражнениями у испытуемых «гр.2» усиливаются симпатические влияния на сердце, интенсифицируются гемодинамические показатели, «экономизируется» дыхание (снижается частота дыхания и величина легочной вентиляции), улучшается утилизация кислорода тканями. Все это при выполнении тестовой физической работы до отказа способствует повышению времени физической работы до отказа на фоне повышения «физиологической цены».

Испытуемые с исходно высокими показателями легочной вентиляции («гр1») плохо поддаются обучению ГВД на фоне физических упражнений до отказа, в результате у них после обучения легочная вентиляция повы-

шается. Это связано с тем, что физические упражнения до отказа требуют дополнительного притока кислорода, а потому у этих испытуемых компенсаторно запускаются механизмы внешнего дыхания, направленные на вентиляцию легких с целью ликвидации кислородного дефицита. В результате при выполнении тестовой физической нагрузки до отказа эти испытуемые, имеющие исходно высокий уровень мотивации, весьма успешно выполняют тестовую физическую работу до отказа без увеличения «физиологической цены», используя для обеспечения организма кислородом лишь механизмы внешнего дыхания.

#### 1.4 Выводы

Повышение легочной вентиляции после обучения гиповентиляционному дыханию на фоне физических упражнений является предиктором выносливости испытуемого в работе до отказа без увеличения ее «физиологической цены». Полученные результаты могут быть использованы в процессе подготовки спортсменов к соревнованию.



**Список литературы**

1. Шамардин А.А., Чемов В.В., Шамардин А.И., Солопов И.Н. Применение эргогенических средств в подготовке спортсменов. Саратов: Научная книга, 2008. 209 с.
2. Euler C, Katz-Salamon M. Respiratory psychophysiology. Stockholm, 1988. 199 p.
3. Фудин Н.А., Классина С.Я., Вагин Ю.Е., Пигарева С.Н. Физиологические эффекты влияния гиповентиляционного дыхания на кардиореспираторную и мышечную систему человека при физической работе до отказа // Спортивная медицина: наука и практика. 2016. Т.6, №3. С. 22-8.
4. Артеменко А.А. Скрининг сердца и коррекция нейрорциркуляторной дистонии по гипертоническому типу у лиц юношеского возраста // Ульяновский медико-биологический журнал. 2018. №1. С. 41-8.
5. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А., Хрущев С.В., Борисова Ю.А., Любина Б.Г., Меркулова Р.А. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов. М.: Советский спорт, 2012. 189 с.
6. Карелин А.А. Большая энциклопедия психологических тестов. М.: Эксмо, 2007. 416 с.
7. Баранова Е.А., Каплевич Л.В. Влияние физической нагрузки на показатели легочной вентиляции у спортсменов // Вестник Томского государственного университета. 2013. №374. С. 152-5.
8. Tarnoki DL, Tarnoki AD, Lazar Z, Korom C, Berczi V, Horvath I, Karlinger K. A possible genetic influence in parenchyma and small airway changes in COPD: a pilot study of twins using HRCT // ActaPhysiol Hung. 2014. Vol.101, №2. P. 167-75. DOI: 10.1556/APhysiol.101.2014.2.5
9. Poon AH, Houseman EA, Ryan L, Sparrow D, Vokonas PS, Litonjua AA. Variants of asthma and chronic obstructive pulmonary disease genes and lung function decline in aging // J Gerontol A BiolSci Med Sci. 2014. Vol.69, №7. P. 907-13. DOI: 10.1093/gerona/glt179. Epub 2013 Nov 19.
10. Suki B, Bates JH. Lung tissue mechanics as an emergent phenomenon // J. Appl. Physiol. 2011. Vol.110, №4. P. 1111-8. DOI: 10.1152/jappphysiol.01244.2010.
11. Noble PB, Sharma A, McFawn PK, Mitchell HW. Elastic properties of the bronchial mucosa: epithelial unfolding and stretch in response to airway inflation // J. Appl. Physiol. 2005. Vol.99, №6. P. 2061-6.

**Сведения об авторе:**

Классина Светлана Яковлевна, ведущий научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина Минобрнауки России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0001-7972-9600 (+7 (905) 547-62-34, klassina@mail.ru)

**Information about the author:**

Svetlana Ya. Klassina, M.D., Ph.D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Systemic Mechanisms of Sport Activity of P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology. ORCID ID: 0000-0001-7972-9600 (+7 (905) 547-62-34, klassina@mail.ru)

Поступила в редакцию: 21.05.2018

Принята к публикации: 19.06.2018

Received: 21 May 2018

Accepted: 19 June 2018

**References**

1. Shamardin AA, Chemov VV, Shamardin AI, Solopov IN. Primenenie ergogenicheskikh sredstv v podgotovke sportsmenov. Saratov, Scientific book, 2008. 209 p. Russian.
2. Euler C, Katz-Salamon M. Respiratory psychophysiology. Stockholm, 1988. 199 p.
3. Fudin NA, Klassina SYa, Vagin YuE, Pigareva SN. Physiological effects of the influence of hypoventilation breathing on the cardiorespiratory and muscular system of a person in physical work to failure. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2016;6(3):22-8. Russian.
4. Artemenko AA. Cardiac Screening and Correction of Neurocirculatory Dystonia on Hypertension type in Adolescents. Ulyanovsk Medical Biological Journal. 2018;(1):41-8. Russian.
5. Karpman VL, Belotserkovsy ZB, Gudkov IA, Khruschev SV, Borisova YuA, Lubina BG, Merkulova RA. Kardiogemodinamika i fizicheskaiya rabotosposobnost u sportsmenov. Moscow, Sovetsky sport, 2012. 189 p. Russian.
6. Karelin AA. Bolshaiya entsiklopediya psichologicheskikh testov. Moscow, Exmo, 2007. 416 p. Russian
7. Baranova EA, Kapilevich LV. Influence of physical load on pulmonary ventilation parameters in athletes. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of Tomsk State University). 2013;374:152-5. Russian.
8. Tarnoki DL, Tarnoki AD, Lazar Z, Korom C, Berczi V, Horvath I, Karlinger K. A possible genetic influence in parenchyma and small airway changes in COPD: a pilot study of twins using HRCT. ActaPhysiol Hung. 2014;101(2):167-75. DOI: 10.1556/APhysiol.101.2014.2.5.
9. Poon AH, Houseman EA, Ryan L, Sparrow D, Vokonas PS, Litonjua AA. Variants of asthma and chronic obstructive pulmonary disease genes and lung function decline in aging. J Gerontol A BiolSci Med Sci. 2014;69(7):907-13. DOI: 10.1093/gerona/glt179.
10. Suki B, Bates JH. Lung tissue mechanics as an emergent phenomenon. J. Appl. Physiol. 2011;110(4):1111-8. DOI: 10.1152/jappphysiol.01244.2010.
11. Noble PB, Sharma A, McFawn PK, Mitchell HW. Elastic properties of the bronchial mucosa: epithelial unfolding and stretch in response to airway inflation. J. Appl. Physiol. 2005;99(6):2061-6.

## Особенности регуляции сердечной деятельности теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата в условиях соревновательного стресса

*В.В. Кальсина, А.Н. Налобина*

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Министерство спорта РФ, г. Омск, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** выявление особенностей регуляции сердечной деятельности спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата, занимающихся настольным теннисом в условиях соревновательного стресса. **Материалы и методы:** анализ вариабельности сердечного ритма. Объект исследования – 44 спортсмена с поражением опорно-двигательного аппарата, занимающиеся настольным теннисом. Средний возраст спортсменов – 28,1±2,3 лет. Спортивная квалификация участников: от III спортивного разряда до мастера спорта. **Результаты:** вегетативная регуляция сердечной деятельности у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата высокой квалификации в условиях соревнований характеризуется активизацией центрального контура регуляции и связана с более высоким уровнем тренированности сердечно-сосудистой системы. У спортсменов низкой квалификации выявлена не адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательную нагрузку, проявляющаяся в усилении автономного контура регуляции перед соревнованиями. **Выводы:** выявленные признаки переутомления и недовосстановления у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата низкого уровня спортивной квалификации свидетельствуют о необходимости применения специальных технологий восстановления для данной категории спортсменов в тренировочном процессе.

**Ключевые слова:** адаптивный спорт, настольный теннис, спортсмены-инвалиды, паралимпийцы, регуляция сердечной деятельности, соревновательный период

**Для цитирования:** Кальсина В.В., Налобина А.Н. Особенности регуляции сердечной деятельности теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата в условиях соревновательного стресса // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 34-41. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.34.

## Characteristics of cardiac regulation of tennis players with physical impairments in competition

*Victoria V. Kalsina, Anna N. Nalobina*

*Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, Russia*

### ABSTRACT

**Objective:** to define the characteristics of the regulation of the cardiac activity of table tennis athletes with physical impairments in conditions of competitive stress. **Materials and methods:** the analysis of heart rate variability. Study included 44 table tennis athletes with physical impairments, mean age 28,1±2,3 years. Sports qualification of participants: from the III sports category up to the master of sports. **Results:** vegetative regulation of cardiac activity was characterized by activation of the central contour of regulation. It was associated with a higher level of fitness of the cardiovascular system. Athletes of low qualification had inadequate reaction of the cardiovascular system on the competitive stress. It involved the strengthening of the autonomous regulation loop before the competition. **Conclusions:** the revealed signs of overfatigue and under-recovery in tennis players of low level of sports qualification testified to the necessity of using recovery means for this category of athletes in the training process.

**Key words:** adaptive sports, table tennis, athletes with disabilities, paralympians, regulation of cardiac activity, contest season

**For citation:** Kalsina VV, Nalobina AN. Characteristics of cardiac regulation of tennis players with physical impairments in competition. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):34-41. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.34.

### 1.1 Введение

Реабилитация лиц с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА), остается сложной проблемой. Современные специалисты предлагают относить инвалидов, в том числе и с ПОДА, в особую социально-демографическую группу, отмечая, что последствия патологических изменений в организме, вызванные болезнью

или травмой, разрушают целостность функционирования и способствуют развитию антисоциальных установок [1].

Адаптивный спорт позволяет достаточно эффективно решать проблему реабилитации лиц с ПОДА, причем реабилитации как двигательной, так и социальной. Занятия спортом помогают паралимпийцам исключать из

своего поведения деструктивные формы реагирования, являются сдерживающим фактором на пути дезадаптивного поведения, а стремление к достижениям представляет собой важный фактор социальной адаптации данной категории лиц [2].

Мотивация лиц с ПОДА к скорейшему возвращению в социум вызывает повышенное стремление к выполнению чрезмерного объема физических нагрузок. В таких условиях особое значение придается не только проблеме спортивной подготовки лиц с ПОДА, но и выбору средств восстановления паралимпийцев уже на этапе начальной подготовки

Подготовка спортсменов высокого класса в адаптивном спорте представляет собой сложный и многогранный процесс, успешная реализация которого возможна лишь на основе глубоких знаний особенностей адаптации лиц с ПОДА к режиму повышенной двигательной активности. Оценка эффективности тренировочного процесса и функционального состояния спортсмена-инвалида связана с тем, что признаки изменений в организме, связанные с основным заболеванием тесно переплетаются с признаками адаптации организма к физическим нагрузкам [3]. В процессе длительных занятий спортом лиц с ПОДА, изменяются адаптационные реакции организма, формируется новый адаптационный статус, в основе которого лежит взаимодействие механизмов срочной и долговременной адаптации. Использование такого подхода позволяет оказывать воздействие на функциональные возможности организма спортсменов, задействуя различные адаптационные механизмы.

Спортивно-функциональная классификация, применяемая в адаптивном спорте, предусматривает распределение спортсменов на классы, исходя из особенностей конкретного вида адаптивного спорта, специфики его соревновательной деятельности, но с учетом предшествующего медицинского освидетельствования [4].

Под воздействием регулярных физических нагрузок наиболее значимые изменения происходят в системе кровообращения. Сердечный ритм и гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы, а также показатели их вариабельности отражают многие аспекты состояния организма и его способности реагировать на изменяющиеся условия среды обитания [3]. Шлык Н.И. выявлены типологические особенности вариабельности сердечного ритма, подтверждающие индивидуальность функциональных и адаптационных возможностей организма, и реализующиеся включением различных регуляторных систем [5].

В процессе спортивной подготовки лиц с ПОДА необходимо учитывать особенности функционирования организма спортсменов, обусловленные заболеванием или травмой. Phillips AA с соавт. [6] отмечают нестабильность регуляции сердечного ритма и артериального давления у спортсменов паралимпийцев, перенесших травматическое повреждение спинного мозга. В работах

West CR с соавт. [7, 8] отмечается нарушение функций вегетативного контроля, дисфункции сердечно-сосудистой системы и снижение выносливости у спортсменов паралимпийцев, перенесших травмы спинного мозга. Одной из компенсаторных реакций спортсменов ампутантов в ответ на физическую нагрузку циклического характера является изменение характера вегетативной регуляции аппарата кровообращения [9]. У данной категории спортсменов отмечаются значительные изменения в организме, касающиеся характера кровообращения, уровня потребления кислорода тканями, изменение компонентного состава тела [10, 11].

Изучение вариабельности сердечного ритма позволяет получить значимую информацию, дающую возможность оценить функциональные резервы спортсмена, его адаптивные возможности и прогнозировать его успешность [12]. Сердечная деятельность успешного спортсмена олимпийца характеризуется способностью к выраженной экономизации функций организма, находящегося в покое, при наличии физической нагрузки максимальной их мобилизацией, а также полноценным восстановлением после прекращения нагрузки [13]. Результаты деятельности спортсмена во многом зависят от «динамичности и эффективности процессов экономизации-мобилизации-восстановления организма», то есть способности к изменчивости функций организма [14]. Специалисты отмечают необходимость применения тестов контроля автономных функций в клинической и спортивной классификации спортсменов со спинальными травмами [7, 8]. В работах многих авторов отмечаются особенности сердечно-сосудистой системы у спортсменов паралимпийцев, обусловленные заболеванием или перенесенной травмой [8, 15], при этом отмечается необходимость построения тренировочной нагрузки спортсменов с учетом показателей регуляции сердечной деятельности и возможностей дыхательной системы [16, 17].

В большинстве доступных материалов, представлена информация преимущественно об особенностях регуляции вне соревновательной нагрузки. Вопросы, посвященные характеру срочных приспособительных реакций у теннисистов с ПОДА в условиях соревновательного стресса, характеристика динамики реактивности сердечной деятельности мало освещены в доступной литературе.

Целью исследования является выявление особенностей регуляции сердечной деятельности спортсменов с ПОДА специализации настольный теннис в условиях соревновательного стресса.

Задачи исследования:

1. Оценить характер регуляции деятельности организма в условиях соревнований у спортсменов с ПОДА, специализирующихся в настольном теннисе, в зависимости от стажа занятий спортом и уровня спортивной квалификации.

2. Выявить маркеры не эффективной адаптации деятельности теннисистов с ПОДА, как основы формиро-

вания технологий восстановления в условиях соревнований.

**1.2 Материалы и методы**

Для экспресс-оценки состояния вегетативных функций и выявления типа адаптации организма выполнялась ЭКГ с математическим анализом ритма сердца по Р.М. Баевскому с помощью программно-аппаратного комплекса для индивидуального контроля функциональных возможностей человека ПОЛИСПЕКТР (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Для изучения вегетативной регуляции ритма сердца использовались показатели спектрального (VLF%, LF%, HF%), статистического (Хср., Max, Min, SDNN, CV) анализа и показатели вариационной пульсометрии и ритмографии (Мо, АМо, ВР, ВПР, ИН, ИВР, ПАПР). Всем спортсменам дважды проводилась оценка состояния вегетативных функций: перед проведением соревнований и сразу после окончания игр.

Исследование проводилось в условиях соревновательного стресса в период проведения Открытых региональных соревнований Кубок Губернатора Кемеровской области Открытого чемпионата Кемеровской области по настольному теннису среди инвалидов с ПОДА. Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами, соответствующими Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». Всем спортсменам была предоставлена полная и достоверная информация о проводимом обследовании. Критерием включения в группу являлось добровольное информированное согласие спортсменов на проведение исследования, а также наличие допуска от врача к участию в соревнованиях.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ Microsoft Exel 2003 и Statistica V.6. Проверку на нормальность распределения проводили с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Для оценки достоверности различий несвязанных выборок исполь-

зовали t-критерий Стьюдента (для параметров с нормальным распределением) и U – критерий Манна-Уитни (для параметров, которые не подчиняются закону нормального распределения). Для сопоставления исследуемых параметров до и после соревнований использовался парный критерий Вилкоксона. Результаты представлены в виде  $X \pm m$ , где X – среднее значение, m – стандартная ошибка среднего. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Объект исследования составили 44 спортсмена, занимающиеся адаптивным спортом, специализации настольный теннис ПОДА. В соответствии с представительством спортсменов, участвующих в данных соревнованиях, структура обследуемых по характеру поражения опорно-двигательного аппарата представлена следующим образом: большую часть составили спортсмены, перенесшие травматическое повреждение позвоночника с поражением спинного мозга. Следующую по численности группу спортсменов составили лица, имеющие дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника; самое малочисленное представительство отмечалось среди спортсменов, имеющих ампутации конечностей (табл. 1).

Средний возраст спортсменов составил  $28,1 \pm 2,3$  лет. Гендерная структура выборки выглядит следующим образом: женщины составляют 18,2 % от общего числа обследованных, а мужчины – 81,8%. Спортивная квалификация участников представлена от третьего спортивного разряда до мастера спорта

Все спортсмены были разделены на группы по уровню спортивного мастерства. В первую группу были отнесены спортсмены, имеющие спортивную квалификацию от уровня первого разряда, кандидата в мастера спорта и мастера спорта, стаж занятий настольным теннисом в данной группе составил  $4,3 \pm 0,3$  лет. Спортсмены этой группы являются победителями и призерами чемпионатов России, этапов Кубка Мира по настольному теннису ПОДА. Кроме того, спортсмены этой группы входят в

Таблица 1

Распределение спортсменов по характеру поражения опорно-двигательного аппарата и спортивно-функциональным классам

Table 1

**Distribution of athletes in accordance with damage of the musculoskeletal system and sports-functional classes**

Спортивная квалификация/ Sports qualification	Характер поражения опорно-двигательного аппарата/Type of damage of the musculoskeletal system			
	Травмы позвоночника с поражением спинного мозга/ Spinal cord injury (n=22)	Другие поражения опорно-двигательного аппарата/ Other impairments (n=10)	ДЦП/ ICP (n=8)	Ампутации конечностей/ Limb deficiency (n=4)
III	6	6	-	4
II	4	-	2	-
I	2	-	2	-
КМС/CMS	4	4	4	-
МС/MS	6	-	-	-



состав паралимпийской сборной Российской Федерации по настольному теннису ПОДА. Объем физической нагрузки в данной группе оценивался по результатам опроса тренеров. В соответствии с требованиями стандарта, нагрузка носила характер регулярных ежедневных тренировок, в целом составляла от 15 до 20 часов в неделю.

Во вторую группу были отнесены спортсмены, имеющие спортивную квалификацию на уровне второго и третьего разрядов, стаж занятий настольным теннисом ПОДА  $3,2 \pm 0,5$  лет, тренировочная нагрузка этих спортсменов была не регулярной и составляла от 6 до 12 часов в неделю.

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Специалисты в области физиологии спорта сходятся в мнении о том, что процесс адаптации организма человека к изменяющимся факторам окружающей среды, в том числе и к мышечным нагрузкам, находится в тесной взаимосвязи с саморегулированием многокомпонентных функциональных систем [3, 5, 12]. Особая роль в этом процессе отводится вегетативной нервной системе. Известно, что систематическое влияние физической нагрузки в виде регулярных тренировок ускоряет становление вагусных влияний. В научной литературе широко представлена роль вегетативной нервной системы как решающей в жизнедеятельности организма, участвующей в процессах срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

По данным ряда авторов [5, 12, 19] с ростом тренированности спортсмена происходит усиление парасимпатических и авторегулирующих влияний на сердечный ритм. Оптимальное регулирование любой системы происходит с минимальным участием высших уровней управления [21]. Оценка реактивности автономной нервной системы у спортсменов с ПОДА является осо-

бенно важной для рационального построения тренировочного процесса и разработки программ восстановления спортсменов после соревновательных нагрузок.

В ходе анализа показателей вариационной пульсометрии нами было выявлено, что более высокие показатели амплитуды моды и индекса напряжения по сравнению со второй группой до старта отмечаются в первой группе спортсменов и указывают на преобладание активности симпатической части вегетативной нервной системы и о мобилизации органов системы кровообращения. В группе спортсменов, имеющих более низкую спортивную квалификацию, отмечаются более низкие значения амплитуды моды и индекса напряжения, указывающие на недостаточную активность симпатического отдела вегетативной нервной системы и относительно слабую централизацию управления сердечным ритмом в предстартовом состоянии.

До и после старта отмечаются выраженные изменения соотношения активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, которые проявляются в виде изменений индекса напряжения и индекса вегетативного равновесия (табл. 2).

Во второй группе отмечаются более выраженные изменения этих показателей по сравнению с предстартовым состоянием в сторону преобладания симпатического отдела вегетативной нервной системы.

У спортсменов второй группы до старта отмечается выраженное преобладание вагусной регуляции, которое сохраняется после окончания соревнований. У спортсменов первой группы до старта отмечается преобладание симпатической регуляции, сменяющееся после соревнований на противоположный тип регуляции.

Состояние вегетативного баланса, направленного в сторону преобладания активности парасимпатической нервной системы у спортсменов второй группы

Таблица 2

Показатели вариационной пульсометрии в группах по уровню спортивного мастерства,  $M \pm m$

Table 2

The parameters of variation pulsometry in groups according to the level of sportsmanship,  $M \pm m$

Группы/ Groups	Показатели/Indices						
	Mo, мс/ Mode, msec	АМо, %/Mode amplitude	ВІР, у.е./ IER, SU	ВР, мс/ Range, msec	ІН у.е./ SI, SU	ІВР, у.е./ VBI, SU	ПАІР, у.е./ IARP, SU
До старта/Before start							
1	825,0 ± 14,9*	54,8 ± 6,4	9,6 ± 2,1	<b>193,6 ± 10,3<sup>^</sup></b>	323,4 ± 25,5 <sup>^</sup>	283,6 ± 22,7	86,2 ± 14,0
2	725,0 ± 33,1	31,6 ± 1,6 <sup>^</sup>	5,2 ± 1,3	<b>342,8 ± 32,2</b>	114,0 ± 9,0*	121,1 ± 9,3*	59,2 ± 7,8
После старта/After start							
1	615,0 ± 20,8*	47,9 ± 2,6	8,7 ± 0,9	<b>215,6 ± 16,3<sup>^</sup></b>	242,8 ± 7,3	288,3 ± 10,4	74,7 ± 3,2
2	645,8 ± 24,2	46,3 ± 4,3	7,4 ± 1,5	<b>373,4 ± 27,5</b>	277,9 ± 15,9*	293,0 ± 16,5*	73,2 ± 7,9

<sup>^</sup> межгрупповые различия/among-groups differences

\* внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05, P < 0,001

и активности симпатической нервной системы у спортсменов первой группы отмечается и по величине ВПР. Полученные результаты подтверждаются показателем адекватности процессов регуляции, который отражает соответствие между активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и ведущим уровнем функционирования синусового узла.

Статистический анализ variability сердечного ритма позволил выявить выраженные различия между группами спортсменов разного уровня спортивного мастерства в предстартовом состоянии. В первой группе отмечается преобладание тонуса симпатической нервной системы, характеризующееся более высокими показателями ЧСС,  $X_{cp}$ , более низкой величиной вариационного размаха и максимального интервала R-R, по сравнению со спортсменами второй группы, имеющими более низкий уровень спортивного мастерства, менее интенсивные физические нагрузки, а также менее богатый опыт выступления на соревнованиях.

По окончании соревнований величина ЧСС в группе высококвалифицированных спортсменов меняется незначительно, тогда как у лиц более низкой спортивной квалификации отмечается статистически значимое увеличение ЧСС и смена преобладающей части вегетативной нервной системы на симпатическую (табл. 3). Это свидетельствует о неадекватной нагрузке и мобилизации сердечно-сосудистой системы.

После старта выявлено меньше различий между группами спортсменов по данным статистического анализа. Выраженные отличия наблюдаются по величине вариационного размаха кардиоинтервалов, преобладающего во второй группе. После старта уменьшаются показатели  $X$  среднего и максимальной величины кардиоинтервалов во второй группе (табл. 3). Уровень SDNN также свидетельствует о преобладании парасимпатической регуляции во второй группе и симпатической – в

первой до старта. После старта уровень SDNN становится практически одинаковым в обеих группах.

Согласно исследованиям ряда авторов [5, 12], у спортсменов, тренирующих выносливость, выявлено снижение амплитуды дыхательных волн на фоне замедления ритма по мере приближения спортсменов к пику спортивной формы, что, по мнению автора, является проявлением согласованности, гармоничности ритмических процессов.

В нашем исследовании до старта показатели спектрального анализа variability сердечного ритма, измеренные у теннисистов с ПОДА, указывают на преобладание медленных волн I порядка и центрального контура регуляции в первой группе  $LF > HF > VLF$ , дыхательных волн и автономного контура регуляции во второй группе  $HF > LF > VLF$ . После окончания соревнований структура волнового спектра меняется. В первой группе, по-прежнему, преобладают медленные волны LF, но при этом увеличивается доля дыхательных волн и уменьшается VLF, происходит перераспределение спектра.

Структура спектра во второй группе после окончания соревнований также изменяется, приближаясь к спектру первой группы  $LF > HF > VLF$ . При этом во второй группе появляются сверхмедленные волны ULF, указывающие на развитие чрезмерной мобилизации резервов организма и включении высшего контура регуляции в процесс восстановления спортсменов, что свидетельствует о развитии процессов переутомления (табл. 4).

В тех случаях, когда низшие уровни не справляются со своими функциями необходимо включение центральной координации деятельности отдельных систем организма, которое происходит за счет напряжения механизмов регуляции. При усилении процессов централизации регуляции увеличивается и «цена» адаптации [21].

У теннисистов с ПОДА высокой квалификации нами было выявлено преобладание симпатической регуляции

Таблица 3

Показатели статистического анализа variability сердечного ритма,  $M \pm m$ 

Table 3

The parameters of statistical analysis of heart rate variability,  $M \pm m$ 

Группы/Groups	Показатели/Indices				
	ЧСС/HR	$X_{cp}$ , мс/msec	Min, мс/msec	Max, мс/msec	SDNN, мс/msec
До старта/Before start					
1	96,2 ± 4,7	934,4 ± 13,4*	532,6 ± 15,8	809,2 ± 31,3	37,1 ± 1,8 ^
2	73,8 ± 1,2^	777,9 ± 24,7*	587,0 ± 26,6	1012,9 ± 31,7^	114,5 ± 31,7
После старта/After start					
1	98,0 ± 2,8	616,7 ± 17,2	573,4 ± 25,0	748,1 ± 19,2	63,5 ± 14,9
2	92,3 ± 3,0	655,8 ± 21,1	547,3 ± 22,3	822,1 ± 26,2 *	61,4 ± 8,7

^ – межгрупповые различия/among-groups differences

\* – внутригрупповые различия/intragroup differences

$P < 0,05$ ,  $P < 0,001$

Таблица 4

**Показатели спектрального анализа вариабельности  
сердечного ритма, М ± m**

Table 4

**The parameters of spectral analysis of heart rate variability,  
M ± m**

Группы/ Groups	Показатели/Indices			
	HF%	LF%	VLF%	ULF%
До старта/Before start				
1	32,6 ± 2,7 <sup>^</sup>	38,9 ± 1,5	28,5 ± 2,9	-
2	43,3 ± 1,1	36,4 ± 1,2	20,3 ± 3,4	-
После старта/After start				
1	41,0 ± 2,1*	44,6 ± 2,2*	14,4 ± 1,6*	-
2	36,6 ± 2,3*	44,3 ± 2,0	18,3 ± 1,9*	0,8 ± 0,2 *

<sup>^</sup> – межгрупповые различия/among-groups differences

\* – внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05

накануне соревнований LF/HF в первой группе составил 1,19, во второй группе 0,84, что свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний. После окончания соревнований в первой группе соотношение LF/HF практически не изменилось 1,21, а во второй группе выявлено преобладание симпатических влияний 1,08.

Высокий спортивный результат может быть достигнут только при оптимальном функционировании организма в экстремальных условиях соревновательной деятельности, и в этом случае необходима выраженная централизация управления организмом [18]. В ходе соревновательного периода может происходить переход от выраженного преобладания автономного контура

регуляции к центральному. По данным ряда авторов у элитных волейболисток к решающему матчу отмечается достоверное снижение автономного (HF) и рост центрального (VLF) контура регуляции [19].

Индекс функционального состояния отражает напряженность регуляторных механизмов, высокие значения индекса отмечаются при низком, а низкие – при высоком напряжении механизмов регуляции. В нашем исследовании индекс функционального состояния спортсменов второй группы значительно превышает этот показатель по сравнению с первой группой, и это соотношение практически сохраняется и после окончания соревнований.

Психофизиологическая цена деятельности в первой группе спортсменов достаточно высока как до старта, так и после окончания стрессовых соревновательных воздействий. Во второй группе отмечается увеличение психофизиологической цены деятельности почти в 3 раза (табл. 5).

Таким образом, можно говорить о том, что изначально организм более подготовленных спортсменов с ПОДА, имеющих более высокий уровень спортивного мастерства затрачивал больше усилий на подготовку к стартам.

Несмотря на выраженное преобладание симпатического контура регуляции в предстартовом состоянии у высококвалифицированных спортсменов с ПОДА, по окончании соревнований достаточно быстро реализуются процессы восстановления и происходит смена ведущего контура регуляции на автономный. Соответственно психофизиологическая «цена» восстановления у спортсменов высокой квалификации значительно ниже, чем у спортсменов, имеющих низкий уровень квалификации, в которой появляются признаки выраженного переутомления после соревнований. Во второй группе включаются неэффективные механизмы адаптации к нагрузкам.

По мнению Гавриловой Е.А., система с относительно автономными связями отличается большей пластично-

Таблица 5

**Показатели ритмограммы в группах по уровню спортивной квалификации, М ± m**

Table 5

**The parameters of the rhythmogram in groups according to the level of sports qualification, M ± m**

Группы/ Groups	Показатели/Indices		
	Психофизиологическая цена, у.е./ Psychophysiological price, SU	Триангуляционный индекс/ Triangulation index	Индекс функционального состояния/ Functional state index
До старта/Before start			
1	2043,7 ± 302,6 <sup>^</sup>	9,4 ± 2,0	1,8 ± 0,5
2	845,8 ± 62,5	10,3 ± 0,9	10,0 ± 2,4 <sup>^</sup>
После старта/After start			
1	2275,3 ± 193,2	7,9 ± 0,3	1,6 ± 0,1
2	2863,5 ± 256,2 *	9,9 ± 1,1	8,1 ± 2,4 <sup>^</sup>

<sup>^</sup> – межгрупповые различия/among-groups differences

\* – внутригрупповые различия/intragroup differences

P < 0,05

стью, что облегчает её приспособление к изменяющимся условиям среды, включая физические нагрузки. Снижение контроля центральных систем способствует достижению функционального оптимума, процессы адаптации в таких системах протекают более эффективно [12].

Таким образом, высокий уровень спортивных достижений в адаптивном спорте выдвигает повышенные требования к процессу восстановления спортсменов с ПОДА. Особое внимание следует уделять нормированию нагрузок и построению процесса восстановления спортсменов в соревновательном периоде. Активизация центрального контура регуляции у спортсменов теннисистов с ПОДА высокой квалификации в условиях соревнований по сравнению со спортсменами с ПОДА более низкой спортивной квалификации связана с более высоким уровнем тренированности сердечно-сосудистой системы. У теннисистов с ПОДА низкой квалификации выявлена неадекватная реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательную нагрузку, проявляющаяся в усилении автономного контура регуляции перед соревнованиями.

#### 1.4 Выводы

1. Спортсмены низкого уровня квалификации после соревнований имели признаки перенапряжения

#### Список литературы

1. **Евсеев С.П., Абалян А.Г.** Спорт как фактор самореализации и повышения качества жизни лиц с ограниченными возможностями здоровья // Вестник спортивной науки. 2016. №2. С. 49-52.
2. **Маликова Т.В., Пирогов Д.Г.** Оценка качества жизни людей с ограниченными возможностями // Педиатр. 2016. Т.7, №1. С. 156-62.
3. **Кудря О.Н.** Вегетативное обеспечение сердечной деятельности у спортсменов с разным антропометрическим профилем // Бюллетень сибирской медицины. 2016. Т.15, №3. С. 63-9. DOI: 10.20538/1682-0363-2016-3-63-69.
4. **Tweedy SM, Vanlandewijck YC.** International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport // Br. J. Sports Med. 2011. №45. P. 259-69. DOI: 10.1136/bjism.2009.065060.
5. **Шлык Н.И.** Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 255 с.
6. **Phillips AA, Krassioukov AV.** Autonomic Alterations After SCI: Implications for Exercise Performance // The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury. 2016. P. 243-68. DOI: 10.1007/978-1-4939-6664-6\_13.
7. **West CR, Wong SC, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control in Paralympic athletes with spinal cord injury // Med. Sci. Sports Exerc. 2014. Vol.46, №1. P. 60-8. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31829e46f3.
8. **West CR, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control and sports classification in Paralympic athletes with spinal cord injury // Disabil. Rehabil. 2017. Vol.39, №2. P. 127-34. DOI: 10.3109/09638288.2015.1118161.
9. **Гаврилова Е.А., Чурганов О.А., Шелков О.М.** Анализ регуляции сердечно-сосудистой системы у лыжников с ампутацией конечностей // Адаптивная физическая культура. 2012. №3. С. 38-40.
10. **Özkan A, Kayihan G, Köklü Y, Ergun N, Koz M, Ersöz G, Dellal A.** The relationship between body composition, anaerobic

регуляторных механизмов: повышенную активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, снижение общей мощности спектра, увеличение психофизиологической стоимости деятельности. Адаптация сердечно-сосудистой системы к соревновательной нагрузке у этих спортсменов связана с активизацией надсегментарных отделов вегетативной нервной системы и включением неэффективного пути адаптации. Активизация симпато-адреналовой системы после окончания соревнований является свидетельством недостаточной активности срочного восстановления.

2. Выявленные признаки переутомления и недо-восстановления у теннисистов с поражением опорно-двигательного аппарата низкого уровня спортивной квалификации свидетельствуют о необходимости применения специальных технологий восстановления для данной категории спортсменов в тренировочном процессе. Особенности переносимости тренировочных и соревновательных нагрузок теннисистами с ПОДА, обусловленные течением основного заболевания, позволяют поставить вопрос о необходимости разработки новых технологий восстановления спортсменов с ПОДА после соревновательных нагрузок, а также адаптации уже существующих.

#### References

1. **Evseev SP, Abalyan AG.** Sport as a factor of self-actualization and quality of life in persons with disabilities. Sports science bulletin. . 2016;(2):49-52. Russian.
2. **Malikova TV, Pirogov DG.** Assessment of life quality in disables individuals. Pediatrician. 2016;7(1):156-62. DOI: 10.17816/PED71156-162. Russian.
3. **Kudrya ON.** Vegetative support of cardiac activity in athletes with different anthropometric profile. Bulletin of Siberian Medicine. 2016;15(3):63-9. DOI: 10.20538/1682-0363-2016-3-63-69. Russian.
4. **Tweedy SM, Vanlandewijck YC.** International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport. Br. J. Sports Med. 2011;(45): 259-69. DOI: 10.1136/bjism.2009.065060.
5. **Shlyk NI.** The heat rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen. Izhevsk, Udmurt University, 2009. 255 p. Russian.
6. **Phillips AA, Krassioukov AV.** Autonomic Alterations After SCI: Implications for Exercise Performance. The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury. 2016:243-68. DOI: 10.1007/978-1-4939-6664-6\_13.
7. **West CR, Wong SC, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control in Paralympic athletes with spinal cord injury. Med. Sci. Sports Exerc. 2014;46(1):60-8. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31829e46f3.
8. **West CR, Krassioukov AV.** Autonomic cardiovascular control and sports classification in Paralympic athletes with spinal cord injury. Disabil. Rehabil. 2017;39(2):127-34. DOI: 10.3109/09638288.2015.1118161.
9. **Gavrilova EA, Churganov OA, Shelkov OM.** Analysis of the regulation of the cardiovascular system in skiers with amputation of limbs. Adaptive physical education. 2012;(3):38-40. Russian.
10. **Özkan A, Kayihan G, Köklü Y, Ergun N, Koz M, Ersöz G, Dellal A.** The relationship between body composition, anaerobic



performance and sprint ability of amputee soccer players // J Hum Kinet. 2012. №35. P. 141-6. DOI: 10.2478/v10078-012-0088-3.

11. **Bragaru M, Dekker R, Geertzen J, Dijkstra U.** Amputees and Sports. A Systematic Review // Sports. Med. 2011. Vol.41, №9. P. 721-40.

12. **Гаврилова Е.А.** Использование variability ритма сердца в оценке успешности спортивной деятельности // Практическая медицина. 2015. №3. С. 52-7.

13. **Гаврилова Е.А.** Спортивное сердце. Стрессогенная кардиомиопатия. М.: Советский спорт, 2007. 200 с.

14. **Гаврилова Е.А.** Ритмокардиография в спорте. СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. 164 с.

15. **Kim JH, Trilk JL, Smith R, Asif I, Maddux PT, Ko YA. et al.** Cardiac Structure and function in Elite Para-cyclists with Spinal Cord Injury // Med.Sci. Sports Exerc. 2016. Vol.48, №8. P. 1431-7. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000921.

16. **Goosey-Tolfrey VL, Paulson TA, Tolfrey K, Eston RG.** Prediction of peak oxygen uptake from differentiated ratings of perceived exertion during wheelchair propulsion in trained wheelchair sportspersons // Eur. J. Appl. Physiol. 2014. Vol.114, №6. P. 1251-8. DOI: 10.1007/s00421-014-2850-9.

17. **Granados C, Los Arcos A, Yanci Javier.** Objective and subjective methods for quantifying training load in wheelchair basketball small-sided games // Journal of Sports Sciences. 2017. Vol.35, №8. P. 749-55. DOI: ORG/10.1080/02640414.2016.1186815.

18. **Бутова О.А., Масалов С.В., Воробьева Ю.С.** Оценка механизмов регуляции кардиоритма девушек-акробатов высокого класса спортивного мастерства // Здоровье и образование в XXI веке. 2012. Т.1, №14. С. 212-3. DOI: 10.26787/nydha-2226-7425.

19. **Виколов А.Д., Немиров А.Д., Ларионова Е.Л., Шевченко А.Ю.** Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов // Физиология человека. 2005. Т.6, №31. С. 54-9. DOI: 10.1007/s10747-005-0112-2.

20. **Кудря О.Н.** Метод математического анализа сердечного ритма в оценке адаптированности организма спортсменов к соревновательным нагрузкам «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение» // Тезисы докладов IV Всероссийского Симпозиума. Ижевск, 2008. С. 156-9.

21. **Шлык Н.И., Гаврилова Е.А.** Variability ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсмена // Прикладная спортивная наука. 2015. №2. С. 115-25.

#### Сведения об авторах:

**Кальсина Виктория Владиславовна**, доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, руководитель межкафедральной научно-исследовательской лаборатории медико-биологического обеспечения спорта высших достижений ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Минспорта России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-4816-2370 (+7 (904) 320-23-35, victoria\_vk@mail.ru)

**Налобина Анна Николаевна**, заведующая кафедрой теории и методики адаптивной физической культуры ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет физической культуры и спорта Минспорта России, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-6574-1609

#### Information about the authors:

**Victoria V. Kalsina**, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Adaptive Physical Culture, Head of Interdepartmental Research Laboratory of Biomedical Support of High Performance Sport of the Siberian State University of Physical Education and Sport. ORCID ID: 0000-0002-4816-2370 (+7 (904) 320-23-35, victoria\_vk@mail.ru)

**Anna N. Nalobina**, Dc.S. (Biology), Prof., Head of the Department of Theory and Methodology of Adaptive Physical Training of the Siberian State University of Physical Education and Sport. ORCID ID: 0000-0001-6574-1609

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

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

Поступила в редакцию: 19.07.2018

Принята к публикации: 10.08.2018

Received: 19 July 2018

Accepted: 10 August 2018

performance and sprint ability of amputee soccer players. J Hum Kinet. 2012;(35):141-6. DOI: 10.2478/v10078-012-0088-3.

11. **Bragaru M, Dekker R, Geertzen J, Dijkstra U.** Amputees and Sports. A Systematic Review. Sports. Med. 2011;41(9):721-40.

12. **Gavrilova EA.** Using heart rate variability in the assessment of the success the activities in the sport. Applied medicine. 2015;(3):52-7. Russian.

13. **Gavrilova EA.** Athletic heart. Stressogenic cardiomyopathy. Moscow, Soviet Sport, 2007. Russian.

14. **Gavrilova EA.** Ritmokardiografiya v sporte. Saint-Petersburg, Izd-vo SZGMU im. I.I. Mechnikova, 2014. 164 p. Russian.

15. **Kim JH, Trilk JL, Smith R, Asif I, Maddux PT, Ko YA. et al.** Cardiac Structure and function in Elite Para-cyclists with Spinal Cord Injury. Med.Sci. Sports Exerc. 2016;48(8):1431-7. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000921.

16. **Goosey-Tolfrey VL, Paulson TA, Tolfrey K, Eston RG.** Prediction of peak oxygen uptake from differentiated ratings of perceived exertion during wheelchair propulsion in trained wheelchair sportspersons. Eur. J. Appl. Physiol. 2014;114(6):1251-8. DOI: 10.1007/s00421-014-2850-9.

17. **Granados C, Los Arcos A, Yanci Javier.** Objective and subjective methods for quantifying training load in wheelchair basketball small-sided games. Journal of Sports Sciences 2017;35(8):749-55. DOI: ORG/10.1080/02640414.2016.1186815.

18. **Butova OA, Masalov SV, Vorobeva YuS.** Evaluation mechanisms regulating heart girls-acrobats high class sports skill. Health and education millennium. 2012;1(14):212-3. Russian.

19. **Vikulov AD, Nemirov AD, Larionova EL, Shevchenko AYU.** Heart rare variability in subjects with increased motor activity and athletes. Human Physiology. 2005;6(31):666-71. Russian. DOI: 10.1007/s10747-005-0112-2

20. **Kudrya ON.** The method of mathematical analysis of heart rate in assessing the fitness of athletes to competitive loads. Heart Rate Variability: Theoretical background and practical application. (Proceedings of the 4-th Symposium with International Participation), Izhevsk, 2008. P. 156-9. Russian.

21. **Shlyk NI, Gavrilova EA.** Heart rate variability in the express-evaluation of the functional state of athlete. Applied Sports Science. 2015;(2):115-25. Russian.

## Периферическая гемодинамика нижних конечностей пауэрлифтеров

О.В. Калабин<sup>1</sup>, А.П. Спицин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Вятский государственный университет, Министерство образования и науки РФ, г. Киров, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Киров, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить особенности периферической гемодинамики нижних конечностей пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации. **Материалы и методы:** исследование функции сердечно-сосудистой системы проводилось у 38 мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом. Из них 20 человек имели спортивные разряды, а 18 человек являлись кандидатами или мастерами спорта. Для исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро» применяли аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр-3» компании «Нейро-Софт». **Результаты:** выявлено достоверное снижение амплитуды систолической волны, амплитуды артериальной волны, амплитуды максимального систолического значения венозной компоненты на бедре у пауэрлифтеров по сравнению с контрольной группой. Выявлено также существенное снижение амплитудно-частотного показателя у пауэрлифтеров. Индекс быстрого наполнения был достоверно ниже у пауэрлифтеров. На изменение тонуса сосудистой стенки у пауэрлифтеров указывали и значения соотношения «приток-отток». На снижение тонуса мелких и средних артерий у пауэрлифтеров указывала средняя скорость медленного наполнения. Изменение сосудистого тонуса у пауэрлифтеров косвенно указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических влияний, то есть указывает на повышенное напряжение механизмов регуляции сердечной деятельности. **Выводы:** характер сдвигов гемоциркуляции включает изменения как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения периферического кровообращения выявлены на участках «голень» и «стопа». По мере роста спортивного мастерства характер и степень сосудистых изменений нарастает, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей сосудистой системы нижних конечностей на интенсивные физические нагрузки.

**Ключевые слова:** периферическая гемодинамика, сердечно-сосудистая система, адаптация

**Для цитирования:** Калабин О.В., Спицин А.П. Периферическая гемодинамика нижних конечностей пауэрлифтеров // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 42-48. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.42.

## The peripheral hemodynamics of the lower extremities of powerlifters

Oleg V. Kalabin<sup>1</sup>, Anatoly P. Spitsin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vyatka State University, Kirov, Russia

<sup>2</sup>Kirov State Medical University, Kirov, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to study the features of peripheral hemodynamics of the lower extremities of powerlifters depending on their experience and qualification. **Materials and methods:** the study of cardiovascular system was conducted in 38 men aged from 18 to 25 years engaged in powerlifting. 20 participants had sports categories (1-3) and 18 participants were candidates or masters of sports. To study the regional blood flow in the areas of «foot», «calf» and «hip» the hardware and software complex «Reo-Spectrum-3» of «Neuro-Soft» were used. **Results:** significant decrease in the amplitude of the systolic wave, the arterial wave, the maximum systolic value of the venous component of the hip of powerlifters was revealed in comparison with the control group. A significant decrease in the amplitude-frequency index of powerlifters was also revealed. The index of fast filling was significantly lower in powerlifters. The values of the «inflow-outflow» ratio pointed at the change of the tonus of vessel wall in powerlifters. The average speed of slow filling indicated a decrease in the tonus of small and medium arteries in powerlifters. The change in vascular tone in powerlifters indirectly indicated a shift in the autonomic balance towards the predominance of sympathetic influences. All parameters showed an increased stress of the mechanisms of regulation of cardiac activity. **Conclusions:** the nature of blood circulation shifts includes changes in both the arterial and venous parts of the blood stream. The most pronounced changes in peripheral blood circulation were found in the areas of «calf» and «foot». With the growth of sports skills, the nature and degree of vascular changes increases, which indicates a decrease in the adaptive capacity of the vascular system of the lower extremities to intense physical activity.

**Key words:** peripheral hemodynamics, cardiovascular system, adaptation

**For citation:** Kalabin OV, Spitsin AP. Peripheral hemodynamics of the lower extremities powerlifters. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):42-48. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.42.

### 1.1. Введение

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающим интересом тренерских коллективов к вопросам перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов различной квалификации и возраста [1-3]. Приспособление к различным видам деятельности – одно из важнейших свойств организма человека [4, 5]. Сердечно-сосудистая система является достаточно точным индикатором адаптационно-приспособительных реакций целостного организма к воздействию факторов внешней среды, в том числе и к физическим нагрузкам [6-8].

Применение методики реовазографии позволяет выявить особенности периферического кровообращения у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса [9]. Реографическая кривая обладает большой информативностью в плане различных аспектов регионарного кровообращения исследуемого органа [4, 9]. Форма и амплитудные характеристики реограммы зависят главным образом от состояния проходимости и тонуса сосудистого русла, пропульсионной способности сердца и позволяют оценить проходимость крупных (магистральных) артерий, объемное пульсовое кровенаполнение исследуемого органа, тонус и эластичность артерий разного калибра, состояние венозного оттока [10].

Спортивная тренировка влияет на все звенья сердечно-сосудистой системы: морфологию сердца и системную гемодинамику, состояние сосудистого русла [1, 11]. Изучению гемодинамических сдвигов у спортсменов разных видов спорта, в различных режимных условиях посвящено достаточно много работ [2, 3, 11]. Основные исследования направлены на изучение регуляции кардиодинамики и центрального кровообращения. Между тем исследования, посвященные периферическому кровообращению, достаточно фрагментарны, выполнены в разных условиях и представляют неоднородные выборки спортсменов, не говоря о типологических различиях состояния регионарной гемодинамики.

Таким образом, учитывая особенности пауэрлифтинга как достаточно молодого и развивающегося вида спорта, представляет интерес изучение особенностей как центральной, так и, в особенности, периферической гемодинамики нижних конечностей. Практический интерес представляет динамика изменений периферической гемодинамики по мере роста спортивной квалификации.

**Цель исследования:** изучить особенности периферической гемодинамики нижних конечностей пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации.

### 1.2 Материалы и методы

Все исследование функции сердечно-сосудистой системы проводилось у 38 мужчин в возрасте 18-25 лет, занимающихся пауэрлифтингом в подготовительном периоде. Из них 20 человек имели спортивные разряды, а 18 человек являлись мастерами спорта или кандидатами в мастера. Контрольная группа была сопоставима по

весу, росту и возрасту и составляла 20 студентов, занимающихся физической культурой по образовательной программе для вузов. Обследовались только здоровые лица (основная и контрольная группы), которые отбирались согласно официальным критериям ВОЗ, не имеющие острых и хронических заболеваний.

Для исследования регионального кровотока на участках «стопа», «голень» и «бедро» применяли аппаратно-программный комплекс «Рео-Спектр-3» компании «Нейро-Софт» (г. Иваново), данные обрабатывали с помощью программы «Поли-Спектр». Техника наложения РВГ-электродов продольная по принципу «общего электрода». Обследование проводили в положении лежа утром после дня отдыха в комфортных микроклиматических условиях. Результаты обрабатывали при помощи пакета программ «IBM SPSS Statistics v. 20». Осуществляли определение средней (M) и среднего квадратичного отклонения (SD).

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Анализ показателей реовазографии на участке «бедро» в основной и контрольной группах показал следующее. Выявлено достоверное снижение амплитуды систолической волны (Асист), амплитуды артериальной волны (Аарт), амплитуды максимального систолического значения венозной компоненты (Авен) на бедре у пауэрлифтеров по сравнению с контрольной группой (табл. 1). Если время быстрого кровенаполнения сосудов не отличалось, то время медленного кровенаполнения (Альфа 2), обусловленное тонусом сосудов среднего и мелкого калибра, было больше у пауэрлифтеров. Время систолы было достоверно изменено у пауэрлифтеров (табл. 1). Реографический индекс (РИ) был существенно ниже у пауэрлифтеров, что указывает на менее интенсивный кровоток в исследуемом сегменте (табл. 1).

Обращало внимание увеличение коэффициента асимметрии у пауэрлифтеров (КаРИ). Выявлено также существенное снижение амплитудно-частотного показателя (АЧП) у пауэрлифтеров. Диастолический и диастолический индексы, а также модифицированный диастолический индекс достоверно не отличались в основной и контрольной группе. Индекс быстрого наполнения был достоверно ниже у пауэрлифтеров. На изменение тонуса сосудистой стенки у пауэрлифтеров указывали и значения Альфа/Ткат. Увеличение Альфа/Ткат у пауэрлифтеров указывало на увеличение тонуса сосудистой стенки. Аналогичные данные получены исследователями [12] у спортсменов силовых видов спорта, но в то же время у лиц, занимающихся видами спорта с преимущественным проявлением выносливости, системная артериальная податливость, наоборот, была повышена.

На снижение тонуса мелких и средних артерий у пауэрлифтеров указывала средняя скорость медленного наполнения (V<sub>ср</sub>). Коэффициент венозного оттока как в основной, так и в контрольной группах сохранялся в пределах нормы. Индекс Симонсона был больше у пау-

Таблица 1

**Показатели реовазографии на участке «бедро» (M±SD)**

Table 1

**Indicators of rheovasography in the «hip» area (M±SD)**

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Асист/Asist, Ом	0,038±0,013	0,023±0,007	0,001
Аарт/Aart, Ом	0,079±0,025	0,053±0,016	0,002
Авен/Aven, Ом	0,055±0,020	0,037±0,013	0,010
Альфа2/Alpha2, с	0,096±0,013	0,117±0,017	0,000
Тсист/Tsist, с	0,257±0,016	0,280±0,022	0,002
РИ/RI, у.е./с.у.	0,795±0,245	0,530±0,158	0,001
КаРИ/KsRI, %	9,211±6,795	19,00±10,21	0,004
АЧП/AFI, у.е./с.у.	0,853±0,238	0,581±0,159	0,000
Альфа/RR/Alpha/RR, %	17,95±2,798	21,07±3,262	0,003
ИБН/QFI, %	46,95±3,374	43,47±4,627	0,016
Альфа/Ткат/Alpha/Tcat	0,220±0,043	0,270±0,053	0,002
Vmax/Vmax, Ом/с	0,778±0,244	0,486±0,147	0,001
Vcp/Vmid, Ом/с	0,444±0,142	0,259±0,082	0,000

n – количество испытуемых/number of subjects

эрлифтеров (27,67±13,88% против 20,58±10,19% в контрольной группе). Реакция мелких артерий и крупных артериол находится, как известно, преимущественно под непосредственным контролем нервной системы [2, 5].

Изменение сосудистого тонуса у пауэрлифтеров косвенно указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических влияний, то есть указывает на повышенное напряжение механизмов регуляции сердечной деятельности. Это подтверждается данными работы [13], в которой установлено увеличение нормализованной мощности LF-волн, а также индекса LF/HF, отражающих активацию симпатического отдела ВНС, после трехмесячной силовой тренировки у здоровых пожилых мужчин.

Анализ показателей реовазографии «голени» в основной и контрольной группах выявил следующие особенности. Амплитуда реограммы на уровне систолического максимума производной, а также амплитуда артериальной компоненты реограммы в основной и контрольной группах достоверно не отличались. Однако амплитуда венозной составляющей реограммы (Авен), амплитуда на уровне инцизуры (Аинц), а также амплитуда на уровне дикротического зубца (Адик) различались достоверно (табл. 2). У пауэрлифтеров наблюдается снижение Авен, Аинц и Адик. Время распространения пульсовой волны от сердца не имело достоверных различий (табл. 2). Характерно изменение времени как быстрого (Альфа1), так и медленного (Альфа2) кровенаполнения, причем время медленного кровенаполнения изменялось в большей степени. Увеличение этих показателей

считается характерным для уменьшения растяжимости артерий крупного и среднего калибра, например, в связи с повышением их тонуса, причем в большей степени страдают сосуды среднего калибра. Рядом авторов [2, 14] высказывается предположение, что хронические изменения кровотока при мышечных нагрузках способны направленно изменять диаметр вовлеченных артериальных сосудов.

Также была изменена длительность систолы, длительность катакроты и длительность диастолы. У спортсменов они оказались достоверно больше по сравнению с контрольной группой (табл. 2). В то же время РИ и АЧП не имели достоверных различий. Индекс быстрого наполнения (ИБН) был меньше у спортсменов, что также указывает на повышение тонуса крупных артерий. На изменение эластичности сосудистой стенки артерий мелкого и среднего калибра указывает изменение показателя замедления кровотока (ПЗК). Соотношение времени быстрого и медленного кровенаполнения (Альфа1/Альфа2) у пауэрлифтеров было сдвинуто в сторону преобладания тонуса крупных сосудов (табл. 2). Также достоверно отличался показатель состояния венозного оттока (ПВО). ПВО у пауэрлифтеров был существенно больше 9,0±1,09% против 3,58±1,07% в контрольной группе, p = 0,028. Известно, что отток крови снизу вверх обеспечивает ряд факторов, важнейшим из которых является сокращение мышц при физической нагрузке. По-видимому, продолжительные статические нагрузки (подъем тяжестей), периодическое и длительное напряжение мышц нижних конечностей создает препятствие



Таблица 2

Показатели реовазографии на участке «голень» (M±SD)

Table 2

Indicators of rheovasography in the «calf» area (M±SD)

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Авен/Aven, Ом	0,083±0,021	0,067±0,020	0,015
Аинц/Ainc, Ом	0,044±0,023	0,023±0,014	0,006
Адик/Adik, Ом	0,041±0,014	0,031±0,010	0,034
Альфа1/Alpha1, с	0,063±0,004	0,068±0,007	0,015
Альфа2/Alpha2, с	0,068±0,005	0,085±0,015	0,000
Тсист/Tsist, с	0,182±0,016	0,238±0,024	0,000
Тдик/Tdik, с	0,268±0,090	0,382±0,077	0,001
Тдиаст/Tdiast, с	0,751±0,135	0,667±0,102	0,035
ДИК/DIK, %	41,89±17,85	24,65±15,05	0,017
Авен/Аарт/Aven/Aart, %	83,21±5,287	72,24±9,654	0,000
Альфа/RR/Alpha/RR, %	14,26±2,182	17,12±1,996	0,000
ИБН/QFI, %	51,37±1,17	47,94±4,493	0,001
A1/A2/A1/A2, у.е./с.у.	0,915±0,074	0,818±0,157	0,018
ИВО_Сим/IVO_Sim, %	23,53±8,023	29,77±11,82	0,039

n – количество испытуемых/number of subjects

для нормального оттока венозной крови. Индекс Симонсона также свидетельствует об изменении оттока крови по венам у спортсменов (табл. 2).

Сравнительный анализ показателей реовазографии «стопы» показал следующее. Амплитуды реограммы на уровне систолического максимума, амплитуда артериальной компоненты реограммы, а также амплитуда венозной составляющей реограммы достоверно не отличались в основной и контрольной группах (табл. 3). Однако амплитуда на уровне инцизуры и на уровне диастолического зубца различались достоверно (табл. 3). У пауэрлифтеров, особенно, амплитуда на уровне инцизуры была меньше. Также отличались время быстрого и медленного кровенаполнения. Достоверно отличалась и длительность диастоты. В целом реографический индекс, а также амплитудно-частотный показатель достоверно не отличались, что указывает на сохранность артериального кровотока в исследуемом сегменте (стопе). Диастолический индекс (ДИА) отличался достоверно (табл. 3), у пауэрлифтеров он был меньше. Показатель замедления кровотока (ПЗК) был достоверно выше у спортсменов. Показатель состояния венозного оттока также был существенно больше у пауэрлифтеров (6,14±1,18% против 2,61±0,78% в контроле, p = 0,012).

Работами некоторых авторов [2] показано, что даже небольшие величины изменений венозного возврата к сердцу (3-7% исходного кровотока в полых венах) имеют существенное значение для изменений сердечного выброса и системного артериального давления.

Однако индекс Симонсона отличался не достоверно, хотя у спортсменов он был больше (28,12±16,61% против 22,74±9,70%). Относительный показатель (ОПбета), который дает информацию о взаимосвязи венозного оттока с артериальным, достоверно отличался в основной и контрольной группах, у пауэрлифтеров он был меньше (табл. 3).

Особенности кровотока нижних конечностей у пауэрлифтеров в зависимости от спортивной квалификации. Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от спортивной квалификации на участке «бедро» были следующими. Амплитудные показатели на участке «бедро» были следующими: амплитуда волны, соответствующая наиболее выраженному пику производной, амплитуда артериальной составляющей волны, амплитуда максимального систолического значения венозной компоненты достоверно не различались. Также не имели достоверных различий время быстрого и медленного кровенаполнения.

Достоверно различались время систолы и время диастолы. Время систолы у мастеров спорта было больше чем у разрядников (0,292±0,025 с против 0,270±0,013 с, p = 0,037). Достоверные различия выявлены в длительности катакроты (0,655±0,073 с против 0,791±0,093 с у разрядников, p = 0,015). Вместе с тем величина реографического индекса, а также АЧП отличались не достоверно, хотя у мастеров они были меньше. Показатели венозного оттока (ПВО, КВО, ИВО\_Сим) также различались не достоверно.

Таблица 3

**Показатели реовазографии на участке «стопа» (M±SD)**

Table 3

**Indicators of rheovasography in the «foot» area (M±SD)**

Показатели/Indicators	Контроль/Control (n=20)	Пауэрлифтинг/Powerlifting (n=38)	p
Аинц/Ainc, Ом	0,052±0,022	0,031±0,022	0,004
Адик/Adik, Ом	0,054±0,017	0,043±0,017	0,036
Альфа1/Alpha1, с	0,061±0,004	0,071±0,015	0,023
Альфа2/Alpha2, с	0,060±0,004	0,074±0,012	0,000
Альфа/Alpha, с	0,121±0,008	0,145±0,023	0,000
Тсист/Tsist, с	0,165±0,011	0,219±0,046	0,000
Тдик/Tdik, с	0,222±0,093	0,364±0,094	0,001
ДИК/DIK, %	47,53±15,72	27,76±16,86	0,001
ДИА/DIA, %	50,05±12,69	38,94±12,27	0,005
ИБН/QFI, %	52,63±1,165	51,53±2,528	0,247
Альфа/Ткат/Alpha/Tcat	0,153±0,022	0,192±0,043	0,000
ПЗК/DBF, с	0,077±0,004	0,089±0,009	0,000
КВО/KVO, %	86,79±1,686	83,82±2,767	0,000
ДО/DR, %	81,89±2,331	75,53±6,920	0,000
ПБета/SBeta, у.е./c.u.	1,206±0,235	1,018±0,268	0,029
ОПбета/RMBeta, у.е./c.u.	79,16±16,99	68,12±21,93	0,031

n – количество испытуемых / number of subjects

Таблица 4

**Показатели реовазографии на участке «голень» у пауэрлифтеров (M±SD)**

Table 4

**Indicators of rheovasography in the «calf» area in powerlifters (M±SD)**

Показатели/Indicators	Разрядники/Arresters (n=20)	Мастера/Masters	p
Адик/Adik, Ом	0,026±0,009	0,039±0,006	0,011
Акат/Acat, Ом	0,021±0,012	0,036±0,005	0,006
Альфа2/ Alpha2, с	0,078±0,007	0,096±0,018	0,016
Альфа/Alpha, с	0,146±0,008	0,164±0,017	0,021
Тсист/Tsist, с	0,226±0,020	0,254±0,019	0,014
Тдиаст/Tdiast, с	0,621±0,080	0,732±0,098	0,057
Ткат/Tcat, с	0,702±0,082	0,821±0,092	0,013
РИ/RI, у.е./c.u.	0,912±0,255	0,938±0,128	0,733
АЧП/AFI, у.е./c.u.	1,077±0,290	0,964±0,196	0,205
ДИА/DIA, %	29,90±9,678	41,43±6,901	0,022
ИБН/QFI, %	49,60±2,633	45,57±5,682	0,034
ИВО_Сим/IVO_Sim, %	23,50±11,45	38,71±4,112	0,003
ОПбета/RMBeta, у.е./c.u.	62,90±12,99	52,43±5,968	0,063

n – количество испытуемых / number of subjects

Таблица 5

**Показатели реовазографии на участке «стопа» у пауэрлифтеров (M±SD)**

Table 5

**Indicators of rheovasography in the «foot» area in powerlifters (M±SD)**

Показатели/Indicators	Разрядники/Arresters (n=20)	Мастера/Masters (n=18)	p
Авен/Aven, Ом	0,076±0,039	0,100±0,020	0,040
Адик/Adik, Ом	0,036±0,017	0,056±0,011	0,032
АЧП/AFI, у.е./c.u.	1,149±0,395	1,320±0,164	0,204
ПБета/SBeta, у.е./c.u.	1,114±0,305	0,881±0,121	0,064
ОПбета/RMBeta, у.е./c.u.	76,10±24,97	56,71±9,447	0,056

n – количество испытуемых / number of subjects

Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от квалификации на участке «голень» были следующими. Достоверные различия выявлены в величине амплитуды дикроты. У мастеров спорта она была существенно больше, что указывает на изменение оттока крови. На это указывало также и время медленного кровенаполнения (табл. 4). Отличалось и время систолы (табл. 4). Вместе с тем такие важнейшие показатели, как РИ и АПЧ не имели достоверных различий. Однако индекс быстрого наполнения у мастеров был ниже, что указывает на повышение тонуса крупных артерий (табл. 4). На изменение венозного оттока в данной области (голень) указывали значения ИВО\_Сим, что можно рассматривать как признак венозного застоя. На это также указывало и значение ОПбета.

Показатели реовазографии у спортсменов в зависимости от квалификации на участке «стопа» были следующими. Достоверные различия выявлены в амплитуде венозной составляющей реограммы и амплитуде реограммы на уровне дикротического зубца, а также

амплитуде реограммы на середине катакроты (табл. 5). Временные показатели реограммы (Альфа1, Альфа2), а также РИ и АЧП отличались не достоверно (табл. 5). Реографический показатель также указывал на признаки венозного застоя. У мастеров и кандидатов в мастера он достигал 0,902±0,130%, а у разрядников – 0,737±0,257%, p = 0,064. На признаки ухудшения венозного оттока также указывали значения Пбета и ОПбета (табл. 5).

**1.4 Выводы**

1. Характер сдвигов гемоциркуляции у пауэрлифтеров включает изменения, как в артериальном, так и в венозном звене сосудистого русла. Наиболее выраженные изменения периферического кровообращения выявлены на участках «голень» и «стопа».

2. По мере роста спортивного мастерства характер и степень сосудистых изменений нарастает, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей сосудистой системы нижних конечностей на интенсивные физические нагрузки.

**Список литературы**

1. **Дорофеева С.С.** Состояние некоторых гуморальных регуляторных систем у спортсменов высокого класса // Украинский медицинский альманах. 2005. Т.7. С. 63-5.
2. **Дратцев Е.Ю.** Особенности регионального мышечного кровообращения у спортсменов высокой квалификации: диссертация кандидата биологических наук. Ярославль, 2008. 156 с.
3. **Дьякова Е.Ю., Миронов А.А.** Особенности адаптации периферического кровообращения у спортсменов, занимающихся подводным плаванием в ластах // Теория и практика физической культуры. 2017. №10. С. 83-5.
4. **Кабачкова А.В., Кологривова В.В., Фраш С.С., Каплевич Л.В.** Реакция периферической гемодинамики нетренированных мужчин на выполнение дозированной физической нагрузки // Теория и практика физической культуры. 2017. №2. С. 89-93.
5. **Fisher JP, Young CN, Fadel PJ.** Autonomic Adjustments to Exercise in Humans // Comprehensive Physiology. 2015. Vol.5, №2. P. 475-512. DOI: 10.1002/cphy.c140022.
6. **Кудря О.Н., Вернер В.В.** Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы и системы энергообеспечения мышеч-

**References**

1. **Dorofeeva SS.** State of some humoral regulatory systems in high-class athletes. Ukrainian medical almanac. 2005;(7):63-65. Russian.
2. **Dratcev EYu.** Features of regional muscle blood circulation in highly qualified athletes: thesis candidate of biological Sciences. Yaroslavl, 2008. 156 p. Russian.
3. **Dyakova EYu, Mironov AA.** Features of adaptation of peripheral blood circulation in athletes involved in scuba diving in fins. Theory and practice of physical culture. 2017;(10):83-5. Russian.
4. **Kabachkova AV, Kologrivov VV, Frash SS, Kapilevich LV.** Reaction of peripheral hemodynamics untrained men into doing the dosed physical load. Theory and practice of physical culture. 2017;(2):89-93. Russian.
5. **Fisher JP, Young CN, Fadel PJ.** Autonomic Adjustments to Exercise in Humans. Comprehensive Physiology. 2015;5(2):475-512. DOI: 10.1002/cphy.c140022.
6. **Kudrya ON, Verner VV.** Vegetative regulation of cardiovascular system and energy supply system of muscle activity in the

ной деятельности при выполнении дозированных нагрузок юными спортсменами // Теория и практика физической культуры. 2009. №3. С. 36-42.

7. **Calbet JAL, Boushel R.** Assessment of cardiac output with transpulmonary thermodilution during exercise in humans // *J Appl Physiol.* 2015. Vol.118, №1. P. 1-10. DOI: 10.1152/jappphysiol.00686.2014.

8. **Calbet JAL, González Alonso J, Helge JW, Søndergaard H, Munch Andersen T, Saltin B, Boushel R.** Central and peripheral hemodynamics in exercising humans: leg vs arm exercise // *Scand J Med Sci Sports.* 2015. Vol.25, №4. P. 144-57. DOI: 10.1111/sms.12604.

9. **Замчий Т.П.** Особенности системы кровообращения, морфологического и психофизиологического статуса женщин, занимающихся силовыми видами спорта: диссертация кандидата биологических наук. Томск, 2011. 156 с.

10. **Bada AA, Svendsen JH, Secher NH, Saltin B, Mortensen SP.** Peripheral vasodilatation determines cardiac output in exercising humans: insight from atrial pacing // *J. Physiol.* 2012. Vol.590, №8. P. 2051-60. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225334.

11. **Кирьянова М.А.** Особенности центрального и периферического кровообращения пловцов и легкоатлетов с учетом специфики мышечной деятельности: диссертация кандидата биологических наук. Чебоксары, 2011. 214 с.

12. **Sugawara J, Maeda S, Otsuki T, Tanabe T, Ajisaka R, Matsuda M.** Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise // *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004. Vol.287, №6. P. 2666-9. DOI: 10.1152/ajpheart.00077.2004.

13. **Melo RC, Quiterio RJ, Takahashi ACM.** High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men // *Sports Med.* 2008. №42. P. 59. DOI: 10.1136/bjism.2007.035246.

14. **Girerd X, Laurent S, Safar ME.** Structure changes of large conduit arteries in hypertension // *J Hypertens.* 1996. №14. P. 545-55.

performance of dosed loads by young athletes. Theory and practice of physical culture. 2009;(3):36-42. Russian.

7. **Calbet JAL, Boushel R.** Assessment of cardiac output with transpulmonarythermodilution during exercise in humans. *J Appl Physiol*, 2015;118(1):1-10. DOI: 10.1152/jappphysiol.00686.2014.

8. **Calbet JAL, González Alonso J, Helge JW, Søndergaard H, Munch Andersen T, Saltin B, Boushel R.** Central and peripheral hemodynamics in exercising humans: leg vs arm exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(4):144-57. DOI: 10.1111/sms.12604.

9. **Zamchiy TP.** Features of the system of blood circulation, morphological and psychophysiological status of women engaged in power sports: the dissertation of the candidate of biological sciences. Tomsk, 2011. 156 p. Russian.

10. **Bada AA, Svendsen JH, Secher NH, Saltin B, Mortensen SP.** Peripheral vasodilatation determines cardiac output in exercising humans: insight from atrial pacing. *J Physiol.* 2012;590(8):2051-60. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.225334.

11. **Kiryanova MA.** Features of the Central and peripheral blood circulation of swimmers and athletes taking into account the specifics of muscle activity: the dissertation of the candidate of biological sciences. Cheboksary, 2011. 214 p. Russian.

12. **Sugawara J, Maeda S, Otsuki T, Tanabe T, Ajisaka R, Matsuda M.** Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287(6):2666-9. DOI: 10.1152/ajpheart.00077.2004.

13. **Melo RC, Quiterio RJ, Takahashi ACM.** High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men. *Sports Med.* 2008;(42):59. DOI: 10.1136/bjism.2007.035246.

14. **Girerd X, Laurent S, Safar ME.** Structure changes of large conduit arteries in hypertension. *J Hypertens.* 1996;(14):545-55.

#### Сведения об авторах:

**Калабин Олег Владимирович**, ассистент кафедры физического воспитания ФГБОУ ВО Вятский государственный университет Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0002-5383-5007 (+7 (912) 338-70-07, kalabinoleg@gmail.com)

**Спицин Анатолий Павлович**, д.м.н., проф., зав. кафедрой патофизиологии ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-0942-6361

#### Information about the authors:

**Oleg V. Kalabin**, Assistant of the Department of Physical Education of the Vyatka State University. ORCID ID: 0000-0002-5383-5007 (+7 (912) 338-70-07, kalabinoleg@gmail.com)

**Anatoly P. Spitsin**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Pathophysiology Department of the Kirov State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0942-6361

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

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

Поступила в редакцию: 26.05.2018

Принята к публикации: 14.06.2018

Received: 26 May 2018

Accepted: 14 June 2018



DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49

УДК: 611.127, 612.171, 612.172, 612.176

## Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов

О.П. Мамаева<sup>1</sup>, Н.Е. Павлова<sup>1</sup>, А.М. Подлесов<sup>2,3</sup>, А.А. Хильчук<sup>1</sup>, А.М. Сарана<sup>1,4</sup>, С.Г. Щербак<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>СПб ГБУЗ Городская больница №40, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>СПб ГБУЗ Городская многопрофильная больница №2, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, Министерство образования и науки РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** проанализировать показатели трансторакальной эхокардиографии в двухмерном и трехмерном режимах и технологии speckle-tracking у молодых спортсменов. **Материалы и методы:** проспективно обследованы 79 спортсменов (52 мужчины и 27 женщин, средний возраст 20,5±3,7). По уровню подготовки сформированы группы А (профессионалы) и Б (любители), а по гендерному признаку - группы 1 (мужчины) и 2 (женщины). Использованы ЭКГ в 12-ти отведениях, эхокардиография в 2D- и 3D-режимах. Оценка функции ЛЖ выполнена по методике speckle-tracking с оценкой продольной деформации ЛЖ в режиме Automated Function Imaging. **Результаты:** выявлены достоверные различия в 2D и 3D режимах по значениям КДО ( $p<0,0001$ ), ОЛП ( $p<0,0001$ ), ФВЛЖ ( $p<0,0001$ ) для 2D ( $p<0,05$ ) и 3D ( $p<0,0001$ ) эхокардиографии, ГПД для 2D ( $p<0,0001$ ) и 3D ( $p=0,007$ ), а также ГЦД в 3D ( $p=0,02$ ). Выявлены более низкие показатели ГПД в группе А как в 2D ( $p=0,0002$ ), так и в 3D режимах ( $p=0,007$ ). **Выводы:** 3D-визуализация и speckle-tracking эхокардиография позволяют провести детальную оценку систолической функции миокарда, с выявлением начальных признаков систолической дисфункции при сохраненной фракции выброса, что особенно актуально у спортсменов.

**Ключевые слова:** эхокардиография, трехмерная эхокардиография, speckle-tracking, систолическая функция, диастолическая функция, спортсмены

**Для цитирования:** Мамаев О.П., Павлова Н.Е., Подлесов А.М., Хильчук А.А., Сарана А.М., Щербак С.Г. Сравнительная оценка показателей двухмерной эхокардиографии и эхокардиографии в трехмерном режиме с технологией speckle-tracking у молодых спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 49-58. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49.

## The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes

Olga P. Mamaeva<sup>1</sup>, Nataliya E. Pavlova<sup>1</sup>, Aleksandr M. Podlesov<sup>2,3</sup>, Anton A. Khilchuk<sup>1</sup>,  
Andrey M. Sarana<sup>1,4</sup>, Sergey G. Shcherbak<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>City Hospital №40, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>City Hospital №2, Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup>St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

<sup>4</sup>Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to analyze the parameters of 2D and 3D transthoracic echocardiography (TEE) with speckle-tracking technology in young athletes. **Materials and methods:** 79 athletes (52 male, 27 female, median age 20,5±3,7 years) undergone prospective analysis. Participants were divided into groups by level of training (group A-professionals and group B-amateurs) and by gender (group 1-men and group 2-women). Athletes underwent 12-lead ECG, 2D TTE and 3D TTE with a speckle-tracking. The evaluation of LV function was performed using the speckle-tracking method with the assessment of LV longitudinal strain in the Automated Function Imaging mode. **Results:** significant differences in LDV ( $p<0,0001$ ), LAV ( $p<0,0001$ ), LVEF ( $p<0,0001$ ) between 2D ( $p<0,05$ ) and 3D ( $p<0,0001$ ) assessment, and differences in 2D ( $p<0,0001$ ) and 3D ( $p=0,007$ ) GLS values and in 3D GCS assessment ( $p=0,02$ ) were registered. Significantly lower values of GLS were obtained in the group A in 2D ( $p=0,0002$ ) and 3D ( $p=0,007$ )

echo. **Conclusions:** 3D visualization with speckle-tracking allows careful and detailed assessment of left ventricular systolic function. The usage of left ventricle deformation quantitative analysis can detect early signs of systolic dysfunction with normal ejection fraction with a great value in young athletes.

**Key words:** echocardiography, three-dimensional echocardiography, speckle-tracking, systolic function, diastolic function, athletes

**For citation:** Mamaeva OP, Pavlova NE, Podlesov AM, Khilchuk AA, Sarana AM, Shcherbak SG. The comparison of 2D and 3D speckle-tracking echocardiography values in young athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2018;8(3):49-58. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.49.

### 1.1 Введение

Вопрос профилактики внезапной сердечной смерти (ВСС) у спортсменов, с формированием концепции допуска к занятиям спортом сохраняет актуальность во всем мире. 20-30 лет назад наибольшее значение придавали недиагностированной при жизни спортсменов гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП), а также аритмогенной дисплазии правого желудочка, выявленных при аутопсии в 25-35% случаев [1]. Было установлено, что 68% смертей юных атлетов в США зарегистрированы в игровых видах спорта с серьезными физическими нагрузками: 47 случаев в баскетболе, 45 в американском футболе [2]. За последние годы существенно изменилось представление о патогенезе ВСС у спортсменов. По современным данным мировой литературы, до 36% случаев смертей у юных атлетов остаются без видимых морфологических причин при вскрытиях [3].

Система предварительного скрининга спортсменов включает в себя сбор анамнеза и физикального обследования, с целью выявления потенциальной сердечно-сосудистой патологии и предикторов внезапной сердечной смерти. Доказана эффективность применения электрокардиографии (ЭКГ) у спортсменов по профилактике ВСС при своевременном выявлении признаков ГКМП, признаков аритмогенной кардиомиопатии, синдрома WPW, ионных каналопатиях, длинном или коротком интервалах QT и синдроме Бругада [4, 5].

По-прежнему высока роль применения двухмерной эхокардиографии (ЭхоКГ) для диагностики ГКМП и асимметричной гипертрофии миокарда ЛЖ, а также пороков сердца, нарушения систолической и диастолической функции, как факторов повышенного риска ВСС [6].

При выявлении у спортсменов отягощенного семейного анамнеза, симптомов, патологии при осмотре или изменениях на ЭКГ, не связанных с тренировочным процессом, следует провести углубленное медицинское обследование, включающее ЭхоКГ, и при необходимости, ряд других специфических тестов (стресс-тест, магнитно-резонансная томография (МРТ), длительное мониторирование ЭКГ, эндокардиальное электрофизиологическое исследование (ЭФИ) и другие) (класс показаний Па с уровнем доказательности С) [7]. В результате стремительного развития ультразвуковых технологий исследования сердца и сосудов за последние 10-15 лет все более широкое распространение получает ЭхоКГ в трехмерном режиме в реальном времени (3D ЭхоКГ) [8]. В мировой литературе представлены результаты исследований

по анализу данных, получаемых при оценке показателей 3D ЭхоКГ и показателей референсных методов: КТ, МРТ. В данных исследованиях были отмечены хорошая воспроизводимость, высокая точность и независимость от оператора новой методики 3D ЭхоКГ [9, 10].

Ряд показателей глобальной и локальной систолической функции продолжает носить полуколичественный, соответственно, субъективный характер [11, 12].

Методика speckle-tracking эхокардиографии позволяет полуавтоматически обрабатывать данные деформации миокарда в трёх пространственных направлениях: продольном, радиальном и циркулярном. Кроме того, speckle-tracking эхокардиография проводит оценку возникновения, направления и скорости вращения левого желудочка (ЛЖ). [11]. Полуавтоматический характер speckle-tracking эхокардиографии гарантирует хорошую воспроизводимость, независимую от оператора. В России данные технологии находятся на этапе развития, что и определило актуальность проводимого исследования.

**Цель исследования** – проанализировать показатели трансоракальной ЭхоКГ, полученные в двухмерном режиме (2D ЭхоКГ), при трехмерной визуализации в режиме реального времени (3D ЭхоКГ) и технологии speckle-tracking с количественной оценкой глобальной и региональной функции ЛЖ у спортсменов молодого возраста.

### 1.2 Материалы и методы

В рамках гранта Российского научного фонда по созданию «Биобанка» №14-50-00069, за период 2015-2016г.г. были обследованы 79 студентов ВУЗ-ов Санкт-Петербурга (52 мужчины и 27 женщин), активно занимающихся в различных спортивных секциях и принимающие участие в соревнованиях в рамках городских сборных команд. Средний возраст составил  $20,5 \pm 3,7$  лет. У обследуемых не было выявлено симптомов заболеваний сердца или других хронических заболеваний, отсутствовал регулярный прием лекарственных препаратов. Все испытуемые давали информированное согласие на обследования, с одобрением протоколов локальным этическим комитетом СПб ГБУЗ Городская больница №40.

По уровню физической подготовки испытуемые были разделены на две группы. В группу А (условно названные «профессионалы») были включены 56 спортсменов городских сборных команд со стажем занятий спортом не менее 7 лет, имеющих 4 и более тренировочных дней в неделю и наличием не менее 1-ого спортивного разряда. В группу Б (условно названные «любители»)

тели») включили 23 молодых человека с более низким уровнем тренировочной активности, с меньшим стажем занятий спортом. По гендерному признаку выделили еще 2 группы сопоставимые по возрасту: 1 – мужчины и 2 – женщины. Таким образом, в исследовании выделили 4 группы: А1 – «профессионалы» мужчины (n=42), А2 – «профессионалы» женщины (n=14), Б1 – «любители» мужчины (n=11) и Б2 – «любители» женщины (n=12). Распределение по видам спорта представлено в таблице 1.

Всем обследуемым проводили ЭКГ в 12 стандартных отведениях с использованием аппарата МАК 2000 (GE, США); стресс-тест на тредмиле по стандартному протоколу Брюса (система «Кардиософт», тредмил GE, США); суточное мониторирование ЭКГ (по Холтеру) в 12 отведениях, с анализом двигательной активности, пневмограммы, с применением носимых регистраторов Кардиотехника-4 (Инкарт, Россия); эхокардиография (ЭхоКГ) в 2D-и 3D-режимах на аппарате Vivid E9 XDclear 4D (GE, США).

Критерии исключения: возраст <18 лет; не синусовый ритм; низкое качество визуализации структур сердца при ЭхоКГ (не визуализировалось ≥3 сегментов), наличие соматической патологии в стадии обострения, наличие острого инфекционного процесса, периоды беременности и лактации.

Двухмерную ЭхоКГ выполняли с использованием матричного монокристалльного секторного фазированного датчика M5Sc-D по стандартной методике, рекомендованной Американской Ассоциацией кардиологов, с получением основных линейных размеров, объемов камер сердца, массы миокарда, а также их индексированных значений.

Для количественной оценки глобальной и региональной функции ЛЖ использовали методику speckle-tracking ЭхоКГ с оценкой продольной деформации ЛЖ в режиме AFI (Automated Function Imaging).

Изображения для speckle-tracking эхокардиографического анализа, выполняемые в автономном режиме, получаются и записываются с использованием обычной двухмерной эхокардиографии в серой шкале во время задержки дыхания со стабильной электрокардиографической картиной. При выполнении продольного анализа деформации во всех 3 апикальных плоскостях, программное обеспечение автоматически генерирует топографическое представление всех 17 проанализированных сегментов (bull's eye – мишень) (рис. 1).

Трехмерная визуализация выполнялась из апикальной позиции с использованием матричного секторного объемного датчика 4V-D. Объемное изображение получалось путем сканирования в реальном времени в режиме 4D на протяжении четырех последовательных сердечных циклов в течение одной задержки дыхания. С помощью пакета программ для обработки 3D массивов (4D auto LVQ и 4D-Strain and LV-mass) в автоматическом и полуавтоматическом режиме были получены диастолические и систолические объемы ЛЖ, левого предсердия (ЛП), масса миокарда ЛЖ, показатели продольной, радиальной и циркулярной деформаций и площади деформации.

Полученные в процессе выполнения работы клинические результаты обрабатывали с использованием программной системы STATISTICA for Windows (версия 10). Сопоставление частотных характеристик качественных показателей проводили с помощью непараметрических

Таблица 1

**Характеристика групп сравнения по видам спорта**

Table 1

**Characteristics of groups according to the kinds of sport**

Виды спорта/Kinds of sport	Профессионалы (группа А)/ Professionals (group A) (n=56)	Любители (группа Б)/ Amateurs (group B) (n=23)
Футбол/Footbal	13	0
Волейбол/Volleybal	11	1
Гребля академическая/Academic rowing	6	0
Хоккей/Hockey	9	0
Бадминтон/Badminton	3	1
Спортивные танцы/Dance sport	0	13
Скалолазание/Rock climbing	2	2
Чирлидинг/Cheerleading	0	5
Спортивное ориентирование/Orienteering	3	0
Триатлон/Triathlon	8	0
Регби/Rugby	1	1
Всего/Overall	56(71%)	23(29%)





Таблица 2

Эхокардиографические показатели в 2D режиме и 3D режиме в группах

Table 2

2D- and 3D-echocardiography values according to groups

	Группа Б/Group B (n=23)	Группа А/Group A (n=56)	Значение p/p value
Пол (муж/жен)/Gender (male/female)	11/12	42/14	
Возраст/Age	20±2,1	20,6±4,2	Нет/ n/s
2D ЭХО-КГ			
КДО, мл/LDV, ml	91,2±21,1	115,1±23,1	<0,0001
КСО, мл/ LSV, ml	33,7±11,3	45,7±12,2	<0,0001
ФВ, %/EF, %	63.4±6,4	60,9±4,6	Нет/ n/s
ММ, г/ММ, g	133,0±31,6	169,2±41,1	<0,0001
ИММ, г/м <sup>2</sup> /MMI, g/m <sup>2</sup>	78.9±13,8	89.2±16,8	0,011
3D-ЭХО-КГ			
КДО, мл/LDV, ml	94,1±21,8	112,0±25,8	0.005
КСО, мл/LSV, ml	39,3±12,6	49,9±13,9	<0,0001
ФВ, %/EF, %	59,0±6,0	55,9±4,1	0,01
ММ, г/ММ, g	118,9±13,3	135.8±20.1	<0,0001
ИММ, г/м <sup>2</sup> /MMI, g/m <sup>2</sup>	71.1±6,7	72,6±10,0	Нет/ n/s

КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ/LDV – late-diastolic volume;  
КСО – конечно-систолический объем ЛЖ/LSV – late-systolic volume;  
ФВ – фракция выброса ЛЖ/EF – ejection fraction;  
ММ – масса миокарда ЛЖ/MM – myocardial mass;  
ИММ – индекс массы миокарда ЛЖ/MMI – myocardial mass index.

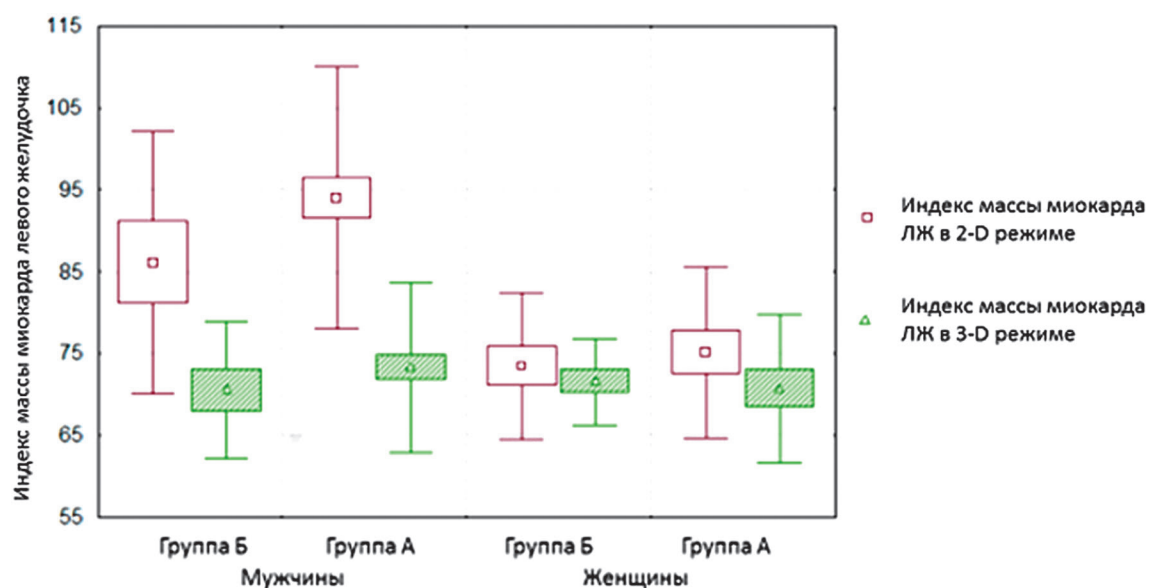


Рис. 2. Показатели индекса массы миокарда левого желудочка в 2D и 3D режимах

Fig. 2. Myocardial mass index values in 2D- and 3D-modes

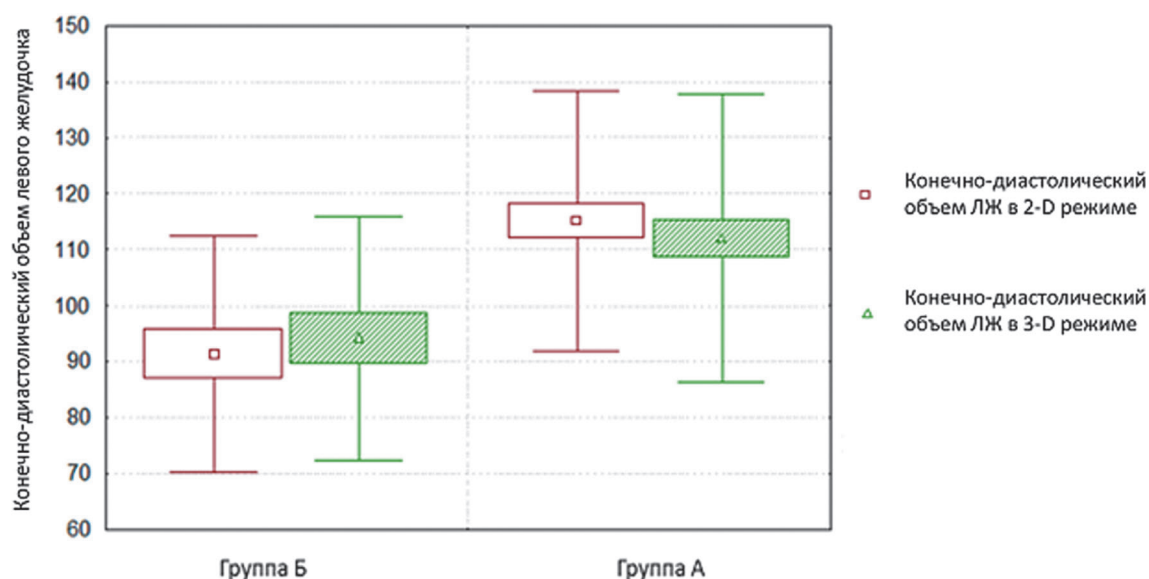


Рис. 3. Значения показателей конечного диастолического объема левого желудочка в 2D и 3D режимах

Pic. 3. Late diastolic volume values in 2D- and 3D-modes

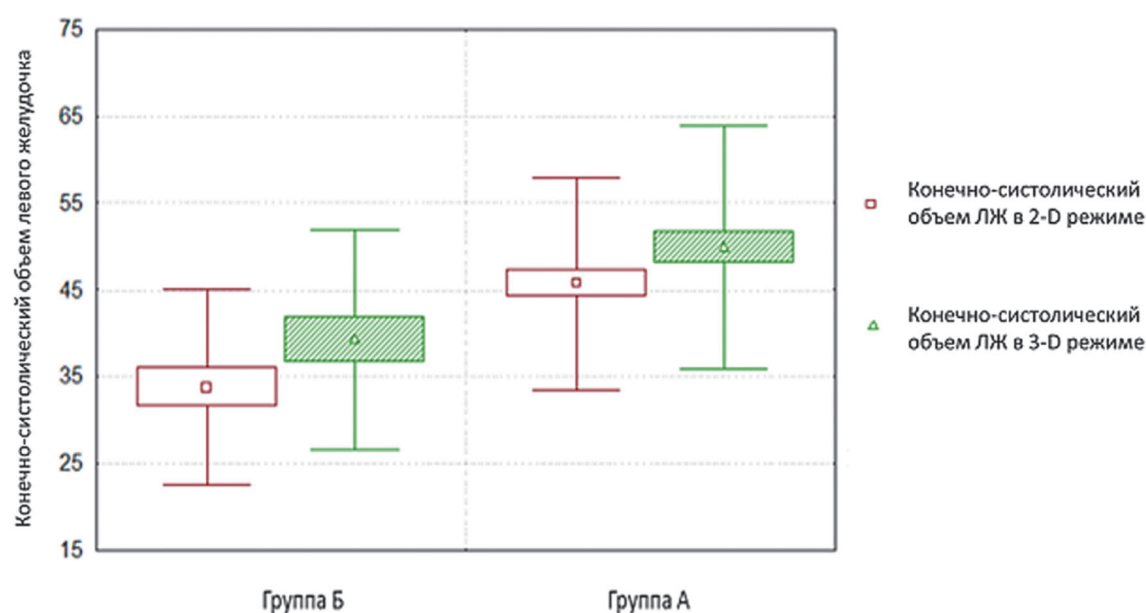


Рис. 4. Значения показателей конечного систолического объема левого желудочка в 2D и 3D режимах

Pic. 4. Late systolic volume values in in 2D- and 3D-modes

У мужчин были более низкие 3DLe, 3DRe, 3DAe, и 2D продольной деформации, чем женщин. Значения показателей ниже для 3DLe и 3DCe, и выше для 3DRe, чем для 2DLe, 2DCe, и 2DRe, соответственно. Эту закономерность подтверждает и наше исследование. Нами были выявлены достоверные различия между группами А и Б по показателям глобальной продольной деформации в 2D режиме ( $p = 0,0003$ ), 3D режиме ( $p = 0,007$ ) (табл. 4) и циркулярной деформации (3D режим,  $p=0,02$ ; (табл. 5).

Показатели глобальной продольной деформации были ниже у мужчин, чем у женщин (рис. 6).

При оценке глобальной циркулярной деформации достоверно значимых различий при сравнении у мужчин и женщин получено не было, но отмечались более высокие показатели в группе профессионалов ( $p=0,02$ ). Показатели глобальной радиальной деформации были достоверно выше у женщин, в сравнении с мужчинами ( $p=0,038$ ). Однако различий между группами А и Б получено не было.

Ряд работ, сравнивающих данные 2D и 3D speckle-tracking эхокардиографических измерений, представляли противоречивые результаты. Возможно, из-за методических особенностей и различного программного обеспечения [17-19].

Таблица 3

Показатели объема левого предсердия при 2D и 3D эхокардиографии

Table 3

Left atrium 2D- and 3D-echocardiography assessment

	Группа В/Group B (n=23)	Группа А/Group A (n=56)	Значение p/p value
2D-эхокардиография / 2D-echocardiography			
Мужчины/males			
ОЛП, мл/LAV, ml	46,7±6,5	48,8±8,1	0,004
ИОЛП, мл/м <sup>2</sup> /LAVI, ml/m <sup>2</sup>	26±2,8	25,1±3,9	Нет / n/s
Женщины/Females			
ОЛП, мл/LAV, ml	37,5±6,7	42,6±11,1	<0,001
ИОЛП, мл/м <sup>2</sup> /LAVI, ml/m <sup>2</sup>	23,8±4,9	25,1±5,8	Нет / n/s
3D-эхокардиография / 3D-echocardiography			
Мужчины/males			
ОЛП, мл/LAV, ml	47,1±7,7	51,4±9,9	<0,001
ИОЛП, мл/м <sup>2</sup> /LAVI, ml/m <sup>2</sup>	25,5±3,4	26,5±4,8	Нет / n/s
Женщины/females			
ОЛП, мл/LAV, ml	37,9±9,3	44,1±11,4	<0,001
ИОЛП, мл/м <sup>2</sup> /LAVI, ml/m <sup>2</sup>	23,7±4,9	26,0±6,2	Нет / n/s

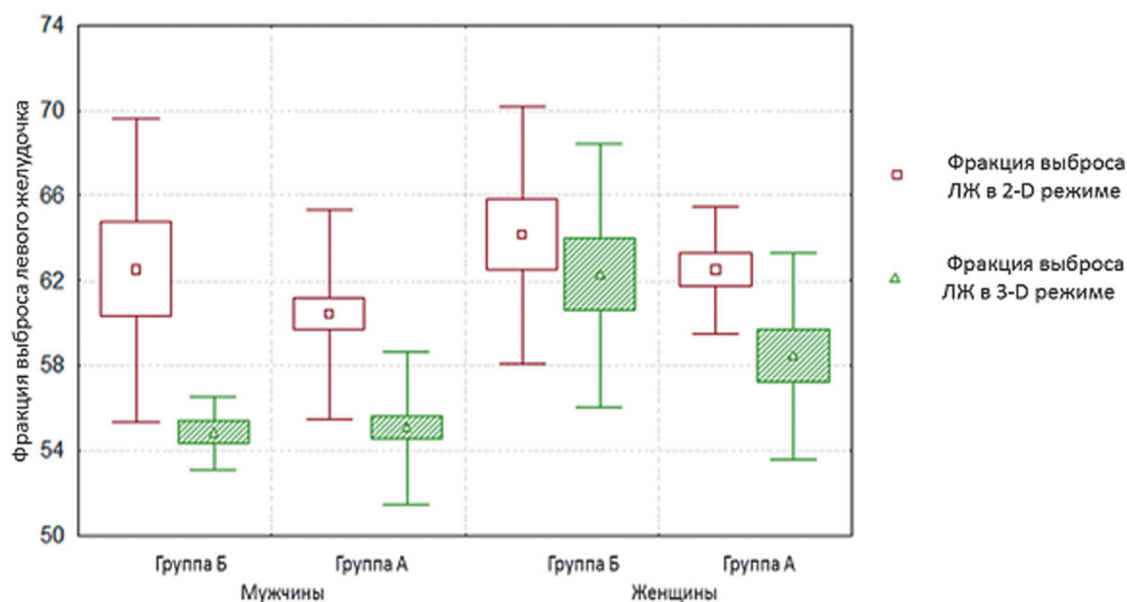


Рис. 5. Групповое распределение показателей фракции выброса у мужчин и женщин в 2D и 3D режимах

Fig. 5. Ejection fraction values in males and females in 2D- and 3D-modes

Определение 3D деформации и ее нормативных значений включено в ряд научно-исследовательских проектов по патофизиологии и спортивной медицине.

**1.4 Выводы**

1. Трехмерная визуализация и speckle-tracking эхокардиография позволяют провести более детальную

Таблица 4

Показатели глобальной продольной деформации левого желудочка

Table 4

Left ventricle global longitudinal strain values

Пол/Sex	2D, M±o, Mediana		3D, M±o, Mediana	
	Группа А/ Group A (n=56)	Группа В/ Group B (n=23)	Группа А/ Group A (n=56)	Группа В/ Group B (n=23)
Мужчины/Males	-18,3±2,3% -18%	-20,0±1,7% -20%	-14,3±2,9% -15%	-14,8±2,3% -14%
Женщины/Females	-19,5±2,5% -20%	-21,3±2,0% -22%	-15,3±3,2% -15%	-18,0±2,5% -18,5%

Таблица 5

Показатели глобальной циркулярной деформации левого желудочка в 3D режиме

Table 5

3D-echocardiography left ventricle global circular strain values

Мужчины/Males, M±o, Mediana		Женщины/Females, M±o, Mediana	
Группа А/Group A (n=42)	Группа В/Group B (n=11)	Группа А/Group A (n=14)	Группа В/Group B (n=12)
-12,6±2,4% -13%	-10,4±3,0% -10%	-12,8±1,9% -13%	-11,8±2,2% -11,5%

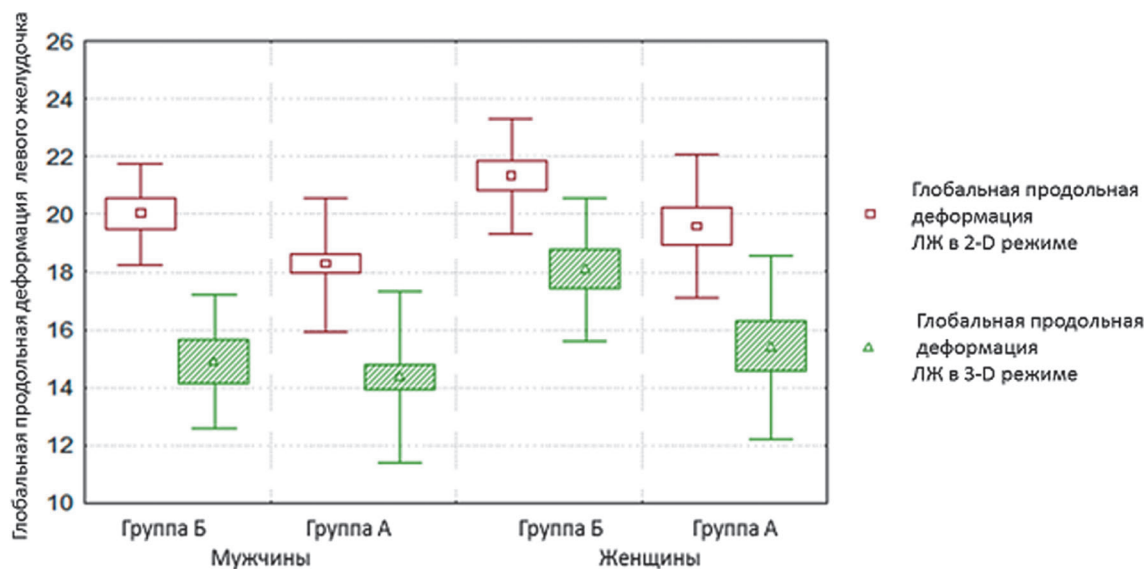


Рис. 6. Показатели глобальной продольной деформации левого желудочка

Pic. 6. Left ventricle global longitudinal strain values in 2D- and 3D-modes

оценку систолической и диастолической функций миокарда у спортсменов, чем традиционные эхокардиографические методики.

2. Проведение количественного анализа региональной и глобальной деформации миокарда левого желудочка по-

зволяет выявлять начальные признаки систолической дисфункции при сохраненной фракции выброса левого желудочка, что особенно актуально при работе со спортивным контингентом, формировании критериев допуска к соревнованиям и контроле за тренировочным процессом.



Список литературы

1. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes: insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy // *Circulation*. 1995. Vol.91. P. 1596–601. DOI: 10.1161/01.CIR.91.5.1596.
2. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, Dimeff R, Douglas PS, Glover DW, Hutter AM Jr, Krauss MD, Maron MS, Mitten MJ, Roberts WO, Puffer JC. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation // *Circulation*. 2007. Vol.115, №12. P. 1643-455. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181423.
3. Макаров Л.М. Холтеровское мониторирование. 4-е издание. М.: ИД «Медпрактика-М», 2017. 504 с.
4. Christiaans I, van Engelen K, van Langen IM, Birnie E, Bonsel GJ, Elliott PM, Wilde AAM. Risk stratification for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy: systematic review of clinical risk markers // *Europace*. 2010. Vol.12. P. 313-21. DOI: 10.1093/europace/eup431.
5. Delisei P, Allocca G, Marras E, Giustetto C, Gaita F, Sciarra L, Calo L, Proclemer A, Marziali M, Rebellato L, Berton G, Coro L, Sitta N. Risk stratification in individuals with the Brugada type 1 ECG pattern without previous cardiac arrest: usefulness of a combined clinical and electrophysiologic approach // *Euro Heart J*. 2011. Vol.32. P. 169-76. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq381.
6. Бойцов С.А., Колос И.П., Лидов П.И., Смоленский А.В. Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2011. №7. С. 4-60.
7. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти // Клиническая практика. 2012. №4. С. 6-94.
8. Sugeng L, Mor-Avi V, Lang RM. Three-dimensional echocardiography: coming of age // *Heart*. 2008. Vol.94. P. 1123-5. DOI: 10.1136/hrt.2007.133702.
9. Lang RM, Dent JM. Three-Dimensional Echocardiography: Is it ready for Every day Clinical Use? // *J Am Coll Cardiol Img*. 2009. Vol.2. P. 114-7. DOI: 10.1016/j.acvd.2010.01.007.
10. Leung K, Bosch JG. Automated border detection in three-dimensional echocardiography: principles and promises // *Eur. J. Echocardiography*. 2010. Vol.11, №2. P. 97-108. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq005.
11. Алехин М.Н. Ультразвуковые методики оценки деформации миокарда и их клиническое значение // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011. №3. С. 107-20.
12. Muraru D, Badano LP, Piccoli G. Validation of a novel automated border-detection algorithm for rapid and accurate quantitation of left ventricular volumes based on three-dimensional echocardiography // *European Journal of Echocardiography*. 2010. Vol.11, №4. P. 359-68. DOI: 10.1093/ejehocard/jep217.
13. Iskandrian AE, Hage FG. Imaging Acute MI in the 21st Century // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013. Vol.6, №3. P. 370-2. DOI: 10.1016/j.jcmg.2012.11.010.
14. Luigi P Badano. Defining normative values for 3D LV volumes // *JACC: Cardiovascular imaging*. 2013. Vol.6, №4. P. 526-31. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.01.008.
15. Guidelines and standards EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional

References

1. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes: insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1995;91:1596-601. DOI: 10.1161/01.CIR.91.5.1596.
2. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, Dimeff R, Douglas PS, Glover DW, Hutter AM Jr, Krauss MD, Maron MS, Mitten MJ, Roberts WO, Puffer JC. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation. *Circulation*. 2007;115(12):1643-455. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181423.
3. Makarov LM. Kholterovskoe monitorirovanie. Moscow, «Medpraktika-M», 2017. 504 p. Russian.
4. Christiaans I, van Engelen K, van Langen IM, Birnie E, Bonsel GJ, Elliott PM, Wilde AAM. Risk stratification for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy: systematic review of clinical risk markers. *Europace*. 2010;12:313-21. DOI: 10.1093/europace/eup431.
5. Delisei P, Allocca G, Marras E, Giustetto C, Gaita F, Sciarra L, Calo L, Proclemer A, Marziali M, Rebellato L, Berton G, Coro L, Sitta N. Risk stratification in individuals with the Brugada type 1 ECG pattern without previous cardiac arrest: usefulness of a combined clinical and electrophysiologic approach. *Euro Heart J*. 2011;32:169-76. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq381.
6. Boytsov SA, Kolos IP, Lidov PI, Smolenskiy AV. Natsionalnye rekomendatsii po dopusku sportsmenov s otkloneniyami so storony serdechno-sosudistoy sistemy k trenirovochno-sorevnovatelnomu processu. *Ratsionalnaya farmakoterapiya v kardiologii*. 2011;(7):4-60.
7. Natsionalnye rekomendatsii po opredeleniyu riska i profilaktike vnesapnoy serdechnoy smerti. *Klinicheskaya praktika*. 2012;(4):6-94.
8. Sugeng L, Mor-Avi V, Lang RM. Three-dimensional echocardiography: coming of age. *Heart*. 2008;94:1123-5. DOI: 10.1136/hrt.2007.133702.
9. Lang RM, Dent JM. Three-Dimensional Echocardiography: Is it ready for Every day Clinical Use? *J Am Coll Cardiol Img*. 2009;2:114-7. DOI: 10.1016/j.acvd.2010.01.007.
10. Leung K, Bosch JG. Automated border detection in three-dimensional echocardiography: principles and promises. *Eur. J. Echocardiography*. 2010;11(2):97-108. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq005.
11. Alekhin MN. Ultrazvukovye metodiki otsenki deformatsii miokarda i ikh klinicheskoe znachenie. *Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika*. 2011;(3):107-20.
12. Muraru D, Badano LP, Piccoli G. Validation of a novel automated border-detection algorithm for rapid and accurate quantitation of left ventricular volumes based on three-dimensional echocardiography. *European Journal of Echocardiography*. 2010;11(4):359-68. DOI: 10.1093/ejehocard/jep217.
13. Iskandrian AE, Hage FG. Imaging Acute MI in the 21st Century. *JACC Cardiovascular Imaging*. 2013;6(3):370-2. DOI: 10.1016/j.jcmg.2012.11.010.
14. Luigi P Badano. Defining normative values for 3D LV volumes. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(4):526-31. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.01.008.
15. Guidelines and standards EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional

echocardiography // J Am Soc Echocardiogr. 2012. Vol.25. P. 3-46. DOI: 10.1093/ehjci/jer316.

16. **Denisa Muraru, Umberto Cucchini, Sorina Mihail, Luigi P Badano.** Left Ventricular Myocardial Strain by Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Healthy Subjects: Reference Values and Analysis of Their. Physiologic and Technical Determinants // J Am Soc Echocardiogr. 2014. Vol.27, №8. P. 858-71. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.010.

17. **Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, Davidsen ES, Sibelas F, Ovize M, Bonnefoy-Cudraz E, Thibault H, Derumeaux G.** Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities // Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2014. Vol.15. P. 316-23. DOI: 10.1093/ehjci/jet103.

18. **Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, Landelle M, Roudaut R, Lafitte S.** Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters // J Am Soc Echocardiogr. 2012. Vol.25. P. 68-79. DOI: 10.1016/j.echo.2011.10.009.

19. **Wu VC, Takeuchi M, Otani K, Haruki N, Yoshitani H, Tamura M, Abe H, Lin F, Otsuji Y.** Effect of through-plane and twisting motion on left ventricular strain calculation: direct comparison between two-dimensional and threedimensional speckle-tracking echocardiography // J Am Soc Echocardiogr. 2013. Vol.26. P. 1274-81. DOI: 10.1007/s10554-016-0961-6.

echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2012;25:3-46. DOI: 10.1093/ehjci/jer316.

16. **Denisa Muraru, Umberto Cucchini, Sorina Mihail, Luigi P Badano.** Left Ventricular Myocardial Strain by Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Healthy Subjects: Reference Values and Analysis of Their. Physiologic and Technical Determinants. J Am Soc Echocardiogr. 2014;27(8):858-71. DOI: 10.1016/j.echo.2014.05.010.

17. **Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, Davidsen ES, Sibelas F, Ovize M, Bonnefoy-Cudraz E, Thibault H, Derumeaux G.** Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities. Eur Heart J Cardiovascular Imaging. 2014;15:316-23. DOI: 10.1093/ehjci/jet103.

18. **Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, Landelle M, Roudaut R, Lafitte S.** Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters. J Am Soc Echocardiogr. 2012;25:68-79. DOI: 10.1016/j.echo.2011.10.009.

19. **Wu VC, Takeuchi M, Otani K, Haruki N, Yoshitani H, Tamura M, Abe H, Lin F, Otsuji Y.** Effect of through-plane and twisting motion on left ventricular strain calculation: direct comparison between two-dimensional and threedimensional speckle-tracking echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2013;26:1274-81. DOI: 10.1007/s10554-016-0961-6.

#### Сведения об авторах:

**Мамаева Ольга Петровна**, заведующая отделением функциональной диагностики СПб ГБУЗ Городская больница №40, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-4722-6950 (+7 (921) 943-20-12, mopetrovna@gmail.com)

**Павлова Наталья Евгеньевна**, врач отделения функциональной диагностики СПб ГБУЗ Городская больница №40. ORCID ID: 0000-0003-4443-5797

**Подлесов Александр Михайлович**, заведующий отделением кардиологии СПб ГБУЗ Городская многопрофильная больница №2, профессор кафедры факультетской терапии им. профессора В.А. Вальдмана ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-1441-7937

**Хильчук Антон Андреевич**, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения СПб ГБУЗ Городская больница №40. ORCID ID: 0000-0002-7199-0502

**Сарана Андрей Михайлович**, доцент кафедры последипломного образования медицинского факультета ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, зам. главного врача по реабилитации СПб ГБУЗ Городская больница №40, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3198-8990

**Щербак Сергей Григорьевич**, заведующий кафедрой последипломного образования медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета, главный врач СПб ГБУЗ Городская больница №40, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-5047-2792

#### Information about the authors:

**Olga P. Mamaeva**, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Functional Diagnostics Department of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0002-4722-6950 (+7 (921) 943-20-12, mopetrovna@gmail.com)

**Nataliya E. Pavlova**, M.D., Physician of the Functional Diagnostics Department of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0003-4443-5797

**Aleksandr M. Podlesov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Cardiology Department №1 of City Hospital №2, Professor of the Faculty Therapy Department of the St. Petersburg State Pediatric Medical University. ORCID ID: 0000-0002-1441-7937

**Anton A. Khilchuk**, M.D., Physician of the Department of X-Ray Surgery Methods of Diagnostics and Treatment of City Hospital №40, St. ORCID ID: 0000-0002-7199-0502

**Andrey M. Sarana**, M.D., Ph. D. (Medicine), Associate Professor of the Postgraduate Medical Department of the Saint-Petersburg State University, Deputy Chief Physician in Rehabilitation of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0003-3198-8990

**Sergey G. Shcherbak**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Postgraduate Medical Education Department of the Saint-Petersburg State University, Chief Physician of City Hospital №40. ORCID ID: 0000-0001-5047-2792

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

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

Поступила в редакцию: 15.07.2018

Принята к публикации: 18.08.2018

Received: 15 July 2018

Accepted: 18 August 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.59

УДК: 611.068, 612.176, 612.171.3

## Двустворчатый аортальный клапан и спорт

Е.А. Гаврилова<sup>1,2</sup>, М.В. Аскарлова<sup>2</sup>, Е.П. Минеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>СПб ГБУЗ Врачебно-физкультурный диспансер Красногвардейского района, г. Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценка клинических проявлений патологии створок аортального клапана у спортсменов начального этапа спортивной подготовки и анализ данных литературы по вопросу допуска лиц с двустворчатым аортальным клапаном к тренировкам и соревнованиям. **Материалы и методы:** обследовано 5000 спортсменов начального этапа спортивной подготовки в возрасте 10-12 лет. Выполняли электрокардиографию покоя и нагрузки, эхокардиографию и холтеровское мониторирование. Анатомические особенности створок аортального клапана выявили у 7 (0,14%) спортсменов: у 6 (0,12%) спортсменов – двустворчатый, у 1 (0,02%) – четырехстворчатый аортальный клапан. Обзор литературы проводили путем анализа публикаций в двух электронных библиотечных базах: Elibrary и PubMed по теме статьи. **Результаты:** в проведенных исследованиях не подтвердилось предположение о дилатации восходящей аорты под влиянием интенсивных физических нагрузок у спортсменов с патологией створок аортального клапана. Анализ публикаций показал противоречивость мнений исследователей. **Выводы:** приведенные в работе клинические наблюдения, данные литературы, а также официальные рекомендации Американской кардиологической ассоциации и Американского колледжа кардиологов по допуску пациентов с болезнями аорты к занятиям спортом и соревнованиям 2015 года свидетельствуют о том, что при отсутствии значимых нарушений гемодинамики, дилатации левого желудочка и корня аорты на фоне нормальных показателей ЭКГ и толерантности к физической нагрузке возможен допуск пациентов с двустворчатым аортальным клапаном к спорту без ограничений. Однако эти спортсмены должны находиться под строгим динамическим кардиологическим контролем.

**Ключевые слова:** спорт, спортсмены, двустворчатый аортальный клапан, допуск к занятиям спортом

**Для цитирования:** Гаврилова Е.А., Аскарлова М.В., Минеева Е.П. Двустворчатый аортальный клапан и спорт // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 59-64. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.59.

## Bicuspid aortic valve and sport

Elena A. Gavrilova<sup>1,2</sup>, Maria V. Askarova<sup>2</sup>, Elena P. Mineeva<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Saint-Petersburg Medical and Sports Clinic of Krasnogvardeyskiy District, Saint-Petersburg, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to evaluate the clinical manifestations of the pathology of the aortic valve in athletes of the initial stage of sports training and to analyze the literature data on the admission of persons with bicuspid aortic valve to training and competition. **Materials and methods:** 5000 athletes of the initial stage of sports training at the age of 10-12 years were examined. Examination of athletes included electrocardiography at rest and exercise, echocardiography and Holter monitoring. Anatomical features of the aortic valves were revealed in 7 (0.14%) athletes: 6 (0.12%) athletes with bicuspid aortic valve, 1 athlete (0.02%) with quadrifoliate aortic valve. The literature review included analysis of publications on the subject from two electronic library databases: Elibrary and PubMed. **Results:** conducted studies did not confirm the assumption of dilatation of the ascending aorta under the influence of intense physical exertion in athletes with the pathology of the aortic valve. The analysis of publications showed contradictory opinions of the researchers. **Conclusions:** the clinical cases, literature data, as well as the official recommendations of the American Heart Association and the American College of Cardiologists (2015) on admission of patients with aortic diseases to sports and competitions showed that in the absence of significant hemodynamic disturbances, dilatation of left ventricle and aorta root with normal ECG parameters and tolerance to physical activity, patients with bicuspid aortic valve could be allowed to exercise without restriction. However, these athletes must be under strict dynamic control of the heart.

**Key words:** sport, athletes, bicuspid aortic valve, admission to sports

**For citation:** Gavrilova EA, Askarova MV, Mineeva EP. Bicuspid aortic valve and sport. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):59-64. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.59.



### 1.1 Введение

В структуре врожденных аномалий сердца первенство принадлежит порокам клапанного аппарата, которые диагностируются в различном возрасте, несмотря на то, что формируются во внутриутробном периоде развития плода. Двустворчатый аортальный клапан (ДАК) – один из частых врожденных пороков сердца, который может длительно функционировать без грубых изменений гемодинамики и, согласно статистике, клинически проявляться лишь в зрелом возрасте. Установлено, что отчетливые симптомы прослеживаются к 70 годам у 75% пациентов с аномалией развития аортального клапана.

Актуальность данной работы обусловлена достаточно частым выявлением ДАК у спортсменов [1]. По мнению С.Ю. Юрьева и Т.С. Гуревич [2] он встречается в 2,15% случаев у юных и в 2,18% случаев – у высококвалифицированных футболистов. При обследовании 592 хоккеистов G. Ong с соавт. [3] выявили двустворчатый аортальный клапан у 10 спортсменов, что составило 1,7%. A. Pelliccia с соавт. [4] обследовал 267 спортсменов-паралимпийцев, выявили ДАК у трех спортсменов, что составило 1,1%. Приведенные выше цифры в целом соответствуют частоте выявления этого порока сердца в популяции (1-2%).

По данным Методических рекомендаций 2014 года, разработанных Центром лечебной физкультуры и спортивной медицины ФМБА России [5] при «двустворчатом аортальном клапане в случае измененных аортальных полулуний и аортальной регургитации занятия спортом противопоказаны. Детям и подросткам даже при неизмененных аортальных полулуниях и отсутствии аортальной регургитации занятия спортом противопоказаны. При неизмененных аортальных полулуниях и полном отсутствии аортальной регургитации спортсмены высокой квалификации могут быть допущены к занятиям спортом. Им показаны электрокардиографическое, эхокардиографическое обследование, суточное мониторирование ЭКГ и АД не реже 1 раза в 4 месяца».

Тем не менее, сегодня в литературе отмечается значительная противоречивость во мнениях относительно допуска лиц с патологией аортального клапана к тренировкам и соревнованиям, что обуславливает актуальность темы данной работы.

Целью исследования явилась оценка клинических проявлений патологии створок аортального клапана у спортсменов на начальном этапе спортивной подготовки и анализ данных литературы по вопросу допуска лиц с двустворчатым аортальным клапаном к тренировкам и соревнованиям.

### 1.2 Материалы и методы

Эхокардиография (ЭхоКГ) выполнена 5000 спортсменам начального этапа спортивной подготовки 10-12 лет, проходящим углубленное медицинское обследование во врачебно-физкультурном диспансере

Красногвардейского района Санкт-Петербурга. Обследование проводили в соответствии с программой углубленного медицинского обследования по Приказу МЗ РФ №134н. ЭхоКГ проводили с помощью УЗИ-сканера Mindray 6. При выявлении порока сердца помимо стандарта обследования выполняли также электрокардиографию (ЭКГ) нагрузки и суточное мониторирование ЭКГ.

Обзор литературы проводили с помощью анализа публикаций в двух электронных библиотечных базах: Elibrary и PubMed.

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Врачи диспансера придерживаются существующих на сегодня Методических рекомендаций 2014 года, о которых шла речь выше [5]. Из 5000 спортсменов на начальном этапе спортивной подготовки выявлено 7 (0,14%) наблюдений врожденной патологии аортального клапана: 6 наблюдение двустворчатого (0,12%) и 1 – четырехстворчатого аортального клапана (ЧАК) (0,02%). Патология выявлена у юных спортсменов, которые прибыли из других регионов России или перешли из клубов Санкт-Петербурга и Ленинградской области, прикрепленных к другим медицинским учреждениям. У всех этих 7 спортсменов отсутствовали жалобы, клинические проявления и значимая сопутствующая патология. В таблице представлена характеристика спортсменов и некоторые их клинические данные.

Таким образом, у 1 из 6 спортсменов с ДАК имело место незначительное расширение восходящего отдела аорты, не превышающее 2-х возрастных сигм. У 2 спортсменов выявлен минимальный стеноз аортального клапана. Во всех наблюдениях отсутствовали признаки значимого нарушения гемодинамики. На ЭКГ покоя, нагрузки и при суточном мониторировании ЭКГ патологии не выявлено. Функциональные пробы – по нормотоническому типу.

У одного 12-летнего спортсмена, занимающегося легкой атлетикой в течение 4 лет, во время планового углубленного медицинского обследования на ЭхоКГ выявлен ЧАК с симметричным делением створок без нарушений гемодинамики (рис.).

По статистическим данным ЧАК встречается очень редко – менее 0,008 % всех аутопсий и нередко сочетается с расширением восходящего отдела аорты [6]. В рассматриваемом наблюдении у пациента не было жалоб, он регулярно занимался легкой атлетикой, показывая хорошие спортивные результаты. Нарушений гемодинамики, ритма сердца и изменений на ЭКГ не было. Малая частота этой аномалии не позволяет делать выводы об особенностях течения заболевания, однако, гемодинамическая травматизация створок с течением времени может привести к развитию аортальной регургитации. Этой группе пациентов рекомендуется мультиспиральная компьютерная томография аорты (МСКТ-ангиография), позволяющая уточнить анато-



Таблица

Данные обследования спортсменов с двухстворчатым аортальным клапаном (ДАК)

Table

Athlete's data with bicuspid aortic valve (BAV)

№	Возраст, лет/ Age, years	Пол/ Gender	Вид спорта/ Kind of sport	Стаж занятия спортом, лет/ Length of activity, years	Спортивная квалификация/ Sports qualification	Диагноз/Diagnosis
1	12	муж	футбол	4	без разряда	ДАК с минимальным стенозом
2	12	муж	каратэ	3	жёлтый пояс	ДАК без признаков стеноза
3	13	муж	дзюдо	6	красный пояс	ДАК с аортальной недостаточностью 0-I ст.
4	13	муж	Лёгкая атлетика	5	II юношеский разряд	ДАК с аортальной недостаточностью 0-I ст.
5	14	муж	футбол	6	без разряда	ДАК без признаков стеноза
6	15	муж	хоккей	9	без разряда	ДАК с минимальным стенозом и незначительным расширением восходящей аорты

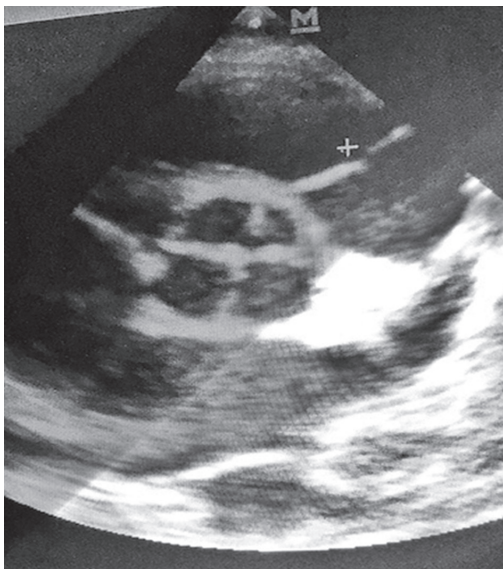


Рис. Эхокардиограмма 12-летнего спортсмена с четырехстворчатым аортальным клапаном

Pic. Echocardiogram of a 12-year-old athlete with a quadrileaflet aortic valve

мию аортального клапана. При динамическом наблюдении больных с ЧАК основными пунктами для прогнозирования качества жизни являются степень регургитации и скорость расширения восходящей аорты [7].

В проведенных нами исследованиях не подтвердилось предположение о дилатации восходящей аорты под влиянием интенсивных физических нагрузок у спортсменов с патологией створок аортального клапана.

Наблюдая за спортсменами со случайно выявленными двухстворчатыми (6) и четырехстворчатым (1) аортальными клапанами, которые длительное время занимались интенсивными физическими нагрузками и де-

лали успехи в спорте, возникает закономерный вопрос: является ли ДАК абсолютным противопоказанием к занятию спортом?

За ответом на этот вопрос мы обратились к данным электронных библиотечных баз. Всего на тему ДАК у спортсменов найдено 20 работ: 3 в Elibrary и 17 в PubMed. В первой же статье на эту тему, вышедшей в 2006 году [8] сообщалось, что универсального ответа на заданный вопрос быть не может.

В 2008 году P. De Mozzi с соавт. [9] опубликовали обзор литературы по проблеме ДАК и спорта. Анализ имеющихся на тот период публикаций показал, что ДАК не является абсолютным противопоказанием для занятий спортом, особенно у молодых спортсменов с изолированным пороком. Однако, по мнению авторов, выявление ДАК требует регулярного медицинского контроля для предотвращения потенциальных неблагоприятных последствий этой патологии, включающего ежегодное проведение ЭКГ-стресс-теста, ЭхоКГ, мониторинг артериального давления и круглосуточное мониторирование ЭКГ. В случае развития у спортсменов клапанного стеноза и/или недостаточности клапана, право на участие в спортивных соревнованиях должно быть индивидуализировано в зависимости от возраста, тяжести поражений и вида спорта.

В плане влияния занятий спортом на клиническое течение ДАК интересно исследование L. Stefani с соавт. [10]. В период с 2000 по 2011 год они наблюдали в общей сложности 292 больных с ДАК, из них: 210 спортсменов различных видов спорта, 59 лиц, ведущих малоактивный образ жизни и 23 бывших спортсмена. Был проведен долгосрочный анализ 2D-эхокардиограммы для классификации ДАК-морфологии и измерения стандартных систоло-диастолических параметров левого желудочка

сердца и размеров аорты в динамике. За время исследования статистических различий в морфологии и функции левого желудочка (ЛЖ) у всех трех групп пациентов не выявлено. У спортсменов отмечали прогрессирующее статистически незначимое увеличение полости ЛЖ, что вполне ожидаемо при занятиях спортом и является проявлением нормальной адаптации аппарата кровообращения к физическим нагрузкам [11, 12]. После столь длительного наблюдения за спортсменами с ДАК L. Stefani с соавт. [10] пришли к выводу, что метаболические требования различных видов спорта (футбол, баскетбол, легкая атлетика, велогонки, плавание, регби и другие), рассмотренные в настоящем исследовании, не оказывают никакого отрицательного воздействия на здоровье спортсменов с ДАК.

По мнению A. Iskandar. И P.D. Thompson [13] наличие ДАК без существенной дисфункции клапанов и при нормальных размерах аорты не должно быть препятствием к занятиям спортом.

A.C. Braverman с соавт. [1] считают, что у спортсменов с аортальными пороками должна быть тщательно изучена анатомия клапана с оценкой гемодинамики и контролем диаметра аорты. При отсутствии значимых нарушений гемодинамики, дилатации левого желудочка и корня аорты на фоне нормальных показателей ЭКГ и толерантности к физической нагрузке возможен допуск к спорту без ограничений при условии строгого динамического наблюдения за пациентом с регулярным кардиологическим контролем.

Однако в литературе есть и противоположные мнения. Так J. Paragiannis [14] полагает, что аортопатия двустворчатого аортального клапана может стать причиной диссекции или разрыва аорты, которые являются значимой причиной внезапной смерти у спортсменов. Повышенное кровяное давление и напряжение аорты при интенсивных физических нагрузках способствует расширению аорты. По мнению автора, в случае ДАК следует индивидуально подбирать безопасный уровень физической активности низкой интенсивности без участия в каких-либо соревнованиях. При этом физическая активность должна присутствовать обязательно с самого раннего возраста.

В 2015 году в журнале *Circulation* опубликованы Рекомендации Американской кардиологической ассоциации и Американского колледжа кардиологов по допуску пациентов с болезнями аорты к занятиям спортом и соревнованиям [1], согласно которым спортсмены с ДАК могут участвовать в соревнованиях без ограничений, если корень аорты и восходящая аорта не расширены

(менее двух стандартных отклонений от среднего значения у детей, менее 40 мм у мужчин и 35 мм – у женщин).

Для спортсменов с размерами аорты, слегка превышающими нормальный диапазон (2-2,5 сигмы у детей, 40-41 мм у мужчин и 35-37 мм у женщин) и при отсутствии клинических признаков ДАК участие в соревнованиях может быть рассмотрено после проведения комплексной оценки генетического состояния, связанного с аортопатией, включая анализ мутаций в FBN1.

Для спортсменов с умеренно расширенной аортой (2-3,5 сигмы у детей, 40-42 мм у мужчин и 36-39 мм – у женщин) в отсутствии осложнений и семейного анамнеза, показано участие в спортивных соревнованиях с низкой нагрузкой (классы IA, IB, IC, IIA, IIB и IIC по J. Mitchell [15]). Эти спортсмены должны также избегать интенсивных тренировок.

Спортсмены с ДАК и сильно расширенной аортой (3,5-4 сигмы, более 43 мм у мужчин и 40 мм – у женщин) не должны участвовать в каких-либо спортивных соревнованиях, которые связаны с потенциальным столкновением тела. Можно рассматривать их участие в соревнованиях только с низкой интенсивностью (класс IA).

Спортсмены с большими размерами аорты не должны участвовать в каких-либо спортивных соревнованиях. Все спортсмены должны проходить эхокардиографическое или МРТ-наблюдение за аортой каждые 12 месяцев.

#### 1.4 Выводы

Проблему допуска спортсменов с ДАК к тренировкам и соревнованиям сегодня нельзя назвать решенной. Однако с учетом имеющихся в литературе десятилетних клинических наблюдений за 210 спортсменами с ДАК, занимающимися самыми различными видами спорта (футбол, баскетбол, легкая атлетика, велогонки, плавание, регби и другие), можно утверждать, что при отсутствии значимых нарушений гемодинамики, дилатации левого желудочка и корня аорты на фоне нормальных показателей ЭКГ и толерантности к физической нагрузке возможен допуск к спорту этих лиц без ограничений. Этой же точки зрения придерживаются авторы рекомендаций Американской кардиологической ассоциации и Американского колледжа кардиологов по допуску пациентов с болезнями аорты к занятиям спортом и соревнованиям [1]. Однако эти спортсмены должны находиться под строгим динамическим кардиологическим наблюдением. Кроме того, они должны быть готовыми в любое время покинуть спорт в случае появления осложнений патологии аортального клапана.

#### Список литературы

1. Braverman AC, Harris KM, Kovacs RJ, Maron BJ. American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology, and American College of Cardiology Eligibility and

#### References

1. Braverman AC, Harris KM, Kovacs RJ, Maron BJ. American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology, and American College of Cardiology Eligibility and Disqualification

Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 7: Aortic Diseases, Including Marfan Syndrome: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology // *Circulation*. 2015. Vol.132, №22. P. 303-9.

2. **Юрьев С.Ю., Гуревич Т.С.** Пограничные состояния сердца у футболистов // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2012. №1. С. 15-8.

3. **Ong G, Connelly KA, Leong-Poi H, Evangelista V.** Echocardiographic Assessment of Young Male Draft-Eligible Elite Hockey Players Invited to the Medical and Fitness Combine by the National Hockey League // *Am J Cardiol*. 2017. Vol.119, №12. P. 2088-92.

4. **Pelliccia A, Quattrini FM, Squeo MR, Caselli S.** Cardiovascular diseases in Paralympic athletes // *Br J Sports Med*. 2016. Vol.50, №17. P. 1075-80.

5. **Медицинские** противопоказания к учебно-тренировочному процессу и участию в спортивных соревнованиях: методические рекомендации. М.: Российская Ассоциация по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, 2014.

6. **Лищук А.Н., Шидловский И.П., Бровко Л.Е.** Врожденный порок сердца: аномалия строения аортального клапана – четырёхстворчатый аортальный клапан (клинический случай) // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2015. №3. С. 2-17.

7. **Успенский В.Е., Ибрагимов А.Н., Иртыга О.Б.** Четырёхстворчатый аортальный клапан, ассоциированный с расширением восходящей аорты: демонстрация 5 клинических случаев // *Материалы XIX Ежегодной сессии Научного Центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева. ФГБУ СЗ ФМИЦ Минздрава РФ, СПб, 2015.*

8. **Scharhag J, Meyer T, Kindermann I, Schneider G.** Bicuspid aortic valve: evaluation of the ability to participate in competitive sports: case reports of two soccer players // *Clin Res Cardiol*. 2006. Vol.95, №4. P. 228-34.

9. **De Mozzi P, Longo UG, Galanti G, Maffulli N.** Bicuspid aortic valve: a literature review and its impact on sport activity // *British Medical Bulletin*. 2008. Vol. 85, №1, P. 63-85. DOI: 10.1093/bmb/ldn002.

10. **Stefani L, Innocenti G, Mercuri R, Maffulli N.** Exercise training in athletes with bicuspid aortic valve does not result in increased dimensions and impaired performance of the left ventricle // *Cardiol Res Pract*. 2014. Vol.23. P. 86-94.

11. **Гаврилова Е.А., Шеренков А.О., Давыдов В.В.** Современные представления об адаптации аппарата кровообращения к физическим нагрузкам // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2007. №4. С. 133-40.

12. **Ачкасов Е.Е., Ландырь А.П.** Влияние физической нагрузки на основные параметры сердечной гемодинамики и частоту сердечных сокращений // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2012. №2. С. 38-46.

13. **Iskandar A, Thompson PD.** Diseases of the Aorta in Elite Athletes // *Clin Sports Med*. 2015. Vol.34, №3. P. 461-72.

14. **Paragiannis J.** Sudden death due to aortic pathology // *Cardiol Young*. 2017. №1. P. 36-42.

15. **Mitchell J, Haskell WL, Raven PB.** Classification of sports // *J Am Coll. Cardiol*. 1994. Vol.24. P. 864-6.

Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 7: Aortic Diseases, Including Marfan Syndrome: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation*. 2015; 132(22):303-9.

2. **Uryev SU, Gurevich TS.** Border of the state of the hearts of the players. *Physiotherapy and sports medicine*. 2012;(1):15-18. Russian.

3. **Ong G, Connelly KA, Leong-Poi H, Evangelista V.** Echocardiographic Assessment of Young Male Draft-Eligible Elite Hockey Players Invited to the Medical and Fitness Combine by the National Hockey League. *Am J Cardiol*. 2017;119(12):2088-92.

4. **Pelliccia A, Quattrini FM, Squeo MR, Caselli S.** Cardiovascular diseases in Paralympic athletes. *Br J Sports Med*. 2016; 50(17):1075-80.

5. **Medical** contraindications to the training process and participation in sports competitions: guidelines. Moscow, Russian Association for Sports Medicine and Rehabilitation of Patients and Disabled People, 2014. Russian.

6. **Lishchuk AN, Shidlovsky IP, Brovko LE.** Congenital heart disease: abnormality of the aortic valve structure-four-leaflet aortic valve (clinical case). *Journal of new medical technologies. Electronic edition*. 2015;(3):2-17. Russian.

7. **Uspensky V, Ibragimov AN, Irtyuga OB.** A four-aortic valve associated with the extension of the ascending aorta: demonstration of 5 clinical cases. (Materials of the XIX Annual Session of the A. N. Bakulev Scientific Center of Cardiovascular Surgery), Saint-Petersburg, 2015. Russian.

8. **Scharhag J, Meyer T, Kindermann I, Schneider G.** Bicuspid aortic valve: evaluation of the ability to participate in competitive sports: case reports of two soccer players. *Clin Res Cardiol*. 2006;95(4):228-34.

9. **De Mozzi P, Longo UG, Galanti G, Maffulli N.** Bicuspid aortic valve: a literature review and its impact on sport activity. *British Medical Bulletin*. 2008;85(1):63-85. DOI: 10.1093/bmb/ldn002.

10. **Stefani L, Innocenti G, Mercuri R, Maffulli N.** Exercise training in athletes with bicuspid aortic valve does not result in increased dimensions and impaired performance of the left ventricle. *Cardiol Res Pract*. 2014;23:86-94.

11. **Gavrilova EA, Cherenkov AO, Davydov VV.** Current views on the adaptation of the circulatory apparatus to physical stress. *Russian medical-biological Bulletin named after academician I.P. Pavlov*. 2007;(4):133-40. Russian.

12. **Achkasov EE, Lander AP.** Influence of physical activities on the main cardiac hemodynamic parameters and heart rate. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2012;(2):38-46. Russian.

13. **Iskandar A, Thompson PD.** Diseases of the Aorta in Elite Athletes. *Clin Sports Med*. 2015;34(3):461-72.

14. **Paragiannis J.** Sudden death due to aortic pathology. *Cardiol Young*. 2017;(1):36-42.

15. **Mitchell J, Haskell WL, Raven PB.** Classification of sports. *J Am Coll. Cardiol*. 1994;24:864-6.

#### Сведения об авторах:

**Гаврилова Елена Анатольевна**, заведующая кафедрой лечебной физкультуры и спортивной медицины Северо-Западного государственного медицинского университета имени И.И. Мечникова, главный врач ВФД Красногвардейского района Санкт-Петербурга, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-7866-4996 (+7 (921) 939-12-87, gavrilovaea@mail.ru)



**Аскарова Мария Владимировна**, врач ультразвуковой диагностики ВФД Красногвардейского района СПб. ORCID ID: 0000-0001-9591-6254  
**Минеева Елена Павловна**, врач спортивной медицины 1 в.к. ВФД Красногвардейского района Санкт-Петербурга. ORCID ID: 0000-0002-6007-3178

**Information about the authors:**

**Elena A. Gavrilova**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Physical Therapy and Sports Medicine of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Head of the Medical Sports Clinic of Krasnogvardeyskiy district of Saint-Petersburg. ORCID ID: 0000-0002-7866-4996 (+7 (921) 939-12-87, gavrilovaea@mail.ru)

**Maria V. Askarova**, M.D., Doctor of Ultrasonic Diagnostics of Medical Sports Clinic of Krasnogvardeyskiy district of Saint-Petersburg. ORCID ID: 0000-0001-9591-6254

**Elena P. Mineeva**, M.D., Doctor of Sports Medicine of Medical Sports Clinic of Krasnogvardeyskiy district of Saint-Petersburg. ORCID ID: 0000-0002-6007-3178

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

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

**Согласие пациентов:** получено

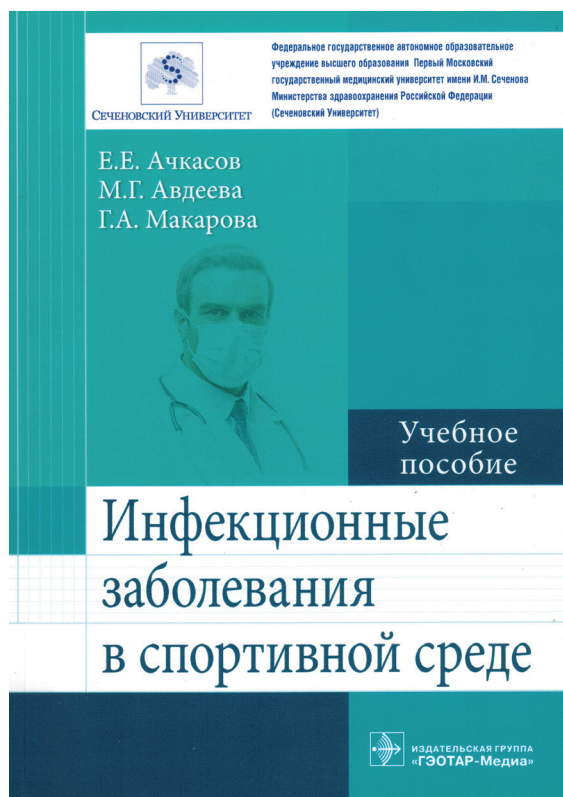
**Patient's consent:** obtained

*Поступила в редакцию: 25.05.2018*

*Принята к публикации: 20.06.2018*

*Received: 25 May 2018*

*Accepted: 20 June 2018*

**Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»****Инфекционные заболевания в спортивной среде****Ачкасов Е.Е., Авдеева М.Г., Макарова Г.А.**

В учебном пособии изложены основы инфекционного процесса и принципы его терапии, причины и факторы риска развития инфекционных заболеваний у спортсменов, содержится актуальная информация о клинической картине и диагностике основных видов инфекционных заболеваний (вирусной и бактериальной этиологии, протозойные болезни), а также мерах их профилактики в спортивной среде. Рассмотрены особенности лечебно-диагностической тактики и профилактики инфекционных заболеваний кожи у занимающихся спортом. Изложены особенности допуска к занятиям спортом при инфекционных заболеваниях. Рассмотрен порядок проведения профилактических прививок и прививок по эпидемическим показаниям в рамках Национального календаря профилактических прививок, а также особенности вакцинации спортсменов при отдельных инфекциях и вакцинопрофилактики в спорте. Тестовые задания для самоконтроля уровня знаний с ответами и контрольные вопросы способствуют улучшению усвоения материала, изложенного в учебном пособии и рекомендуемой литературе.

Издание предназначено для обучающихся по программам подготовки кадров высшей квалификации – программам ординатуры по специальностям «Лечебная физкультура и спортивная медицина», может быть полезно для врачей по спортивной медицине, инфекционистов, терапевтов и врачей смежных специальностей.

Книгу можно заказать на сайте Издательской группы «ГЭОТАР-Медиа»: <http://www.geotar.ru>



DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.65

УДК: 612.746; 612.741.16

## Некоторые аспекты безопасности и фармакологической эффективности (влияние на мышечную дисфункцию) новых производных хромон-3-альдегида

*А.В. Воронков, Д.И. Поздняков, В.М. Руковицина, Э.Т. Оганесян*

*Пятигорский медико-фармацевтический институт, филиал  
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет,  
Министерство здравоохранения РФ, г. Пятигорск, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** в эксперименте оценить безопасность применения новых производных хромон-3-альдегида и возможность их применения для коррекции мышечного утомления. **Материалы и методы:** работа выполнена на 120 мышцах-самцах линии Balb/c. Объектами для исследования послужили галоген-замещенные производные хромон-3-альдегида под шифрами Х3АФ и Х3АС1. Для оценки безопасности применения исследуемых соединений определяли их острую токсичность с расчетом LD50 по методу Финни. Далее изучали влияние исследуемых объектов при профилактическом введении на развитие мышечного утомления в условиях электромиостимуляционного теста. **Результаты:** проведенное исследование показало, что новые галоген-замещенные производные хромон-3-альдегида под шифрами Х3АФ и Х3АС1 обладают оптимальным профилем безопасности применения и способны смягчать проявления мышечной дисфункции. При этом соединение Х3АФ превосходило по величине фармакологического эффекта вещество Х3АС1 и референтный препарат «Милдронат». **Выводы:** низкая токсичность и высокая фармакологическая эффективность новых галоген-замещенных производных хромон-3-альдегида делает данные соединения перспективными объектами для дальнейшего изучения с целью создания средства для коррекции мышечной дисфункции.

**Ключевые слова:** мышечное утомление, фармакология, токсичность лекарственных средств

**Для цитирования:** Воронков А.В., Поздняков Д.И., Руковицина В.М., Оганесян Э.Т. Некоторые аспекты безопасности и фармакологической эффективности (влияние на мышечную дисфункцию) новых производных хромон-3-альдегида // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 65-71. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.65.

## Safety and pharmacological efficiency (influence on muscular dysfunction) of new derivatives of chromon-3-aldehyde

*Andrey V. Voronkov, Dmitry I. Pozdnyakov, Viktoriya M. Rukovitsyna, Eduard T. Oganessian*

*Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, Branch of the Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia*

### ABSTRACT

**Objective:** to estimate the safety of application of new derivatives of chromon-3-aldehyde and the possibility of its application for correction of muscular dysfunction. **Materials and methods:** the experiment was performed on 120 mice-males of the Balb/c line. Research objects – halogenated derivatives of chromon-3-aldehyde under codes of X3AF and X3AC1. The safety assessment of its application included the determination of its single dose toxicity with calculation of LD50 using the Finni method. Further, the influence of derivatives on the development of muscular dysfunction using the myostimulation test after its preventive introduction was studied. **Results:** the conducted research showed that new halogenated derivatives of chromon-3-aldehyde under codes of X3AF and X3AC1 possessed an optimum profile of safety and were able to alleviate the manifestations of muscle dysfunction. At the same time the substance X3AF surpassed the substance X3AC1 and comparison drug «Mildronat» in the size of pharmacological action. **Conclusions:** the low toxicity and high pharmacological efficiency of new halogenated derivatives of chromon-3-aldehyde makes these compounds the perspective ob

**Key words:** muscle fatigue, pharmacology, drugs toxicity

**For citation:** Voronkov AV, Pozdnyakov DI, Rukovitsyna VM, Oganessian ET. Safety and pharmacological efficiency (influence on muscular dysfunction) of new derivatives of chromon-3-aldehyde. Sportivnaya medicina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3): 65-71. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.65.

### 1.1 Введение

Мышечную дисфункцию (МД) определяют как синдром, при котором скелетные мышцы не в состоянии выполнять свои физиологические функции, что проявляется потерей мышечной силы и выносливости [1]. Наиболее часто МД ассоциируют с мышечным утомлением – потенциально обратимым состоянием, при развитии которого наблюдается временное ухудшение сократительной способности поперечно-полосатой мускулатуры [2]. На сегодняшний день мышечное утомление является достаточно распространенным патологическим синдромом – ежегодно от 20% до 50% случаев обращения в медицинский стационар с жалобами на хроническое недомогание обусловлены мышечной усталостью [3]. Ухудшение функционального состояния поперечно-полосатой мускулатуры негативно сказывается на физической работоспособности и физической мобильности, значительно снижается качество жизни [4]. Пациенты, страдающие средне-тяжелыми и тяжелыми формами хронической мышечной усталости вынуждены прибегать к посторонней помощи даже при решении простейших повседневных задач [1]. Развитие мышечной усталости негативно сказывается и на профессиональной деятельности человека, что особенно важно, например, для высококвалифицированных спортсменов. В спорте высших достижений развитие мышечной усталости признается одним из ведущих факторов, которые лимитируют достижение максимального спортивного результата. Особенно подвержены мышечному утомлению спортсмены циклических видов спорта – стайерский бег, плавание на длинные дистанции, спортивная ходьба и т.д. [5]. При этом недостаточная функциональная активность скелетной мускулатуры приводит к напряжению регуляторных систем, таких как: адреналовая, кортизоловая, что неизбежно приведет к их срыву и выходу спортсмена из соревновательного процесса [6]. Таким образом, коррекция мышечной усталости представляет несомненный научно-практический интерес.

Производные хромона – естественно встречающийся класс веществ, обладают обширным спектром фармакологической активности, включающей в себя противовоспалительные, антиоксидантные, антицитокиновые свойства, противоопухолевое действие, влияние на геном, посредством модуляции функции гистон-деацетилазы и АДФ-рибозилтрансферазы [7,8]. В тоже время структуры, содержащие привилегированное ядро хромона обладают невысокой токсичностью и имеют оптимальный профиль безопасности применения [9], что делает данные соединения, перспективными объектами для изучения, с целью расширения спектра их фармакологической активности.

**Цель исследования:** в эксперименте оценить безопасность и влияние на мышечную дисфункцию новых галоген-замещенных хромон-3-альдегида.

### 1.2 Материалы и методы

Исследование выполнено на 120 половозрелых мышцах-самцах линии Balb/c массой 23-26 грамм. Содержание животных и все проводимые манипуляции соответствовали требованиям Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Strasbourg, 22 June, 1998.). Объектами для исследования послужили галоген-замещенные производные хромон-3-альдегида, под лабораторными шифрами Х3АФ и Х3АСI, полученные на кафедре органической химии Пятигорского медицинского-фармацевтического института.

Исследование выполнено в 2 этапа. На первом оценивали безопасность применения новых производных хромон-3-альдегида в остром эксперименте, посредством определения LD50 данных соединений. Среднелетальную дозу рассчитывали по методу Финни. На данном этапе было сформировано 6 экспериментальных групп по 10 особей в каждой.

После определения острой токсичности производили оценку влияния соединений Х3АФ и Х3АСI на функциональное состояние поперечнополосатой мускулатуры в условиях мышечного утомления (второй этап). Оставшиеся 60 мышей были разделены на 6 равных групп (n=10). При выполнении данного этапа исследования экспериментальные группы мышей формировались путем рандомизации по возрасту, весу и мышечной силе, оцениваемой в тесте «сила-хватки» (точка T1). Первая группа мышей – положительный контроль (ПК), которым не воспроизводили мышечную дисфункцию. Вторая группа животных – негативный контроль (НК), с воспроизведенной мышечной дисфункцией без фармакологической поддержки. Третья и четвертая группы мышей получали референтные препараты – «Милдронат» (Grindex, Латвия, входит в запрещенный список WADA) в дозе 100 мг/кг [10] и «Метапрот» (ANVILab., Россия, находится в мониторинге WADA) в дозе 14,3 мг/кг [11]. Препараты сравнения «Милдронат» пятой и шестой группам животных вводили исследуемые соединения Х3АФ и Х3АСI в дозах равной 1/100 от LD50 для каждого соединения. Референтные препараты и изучаемые соединения вводили профилактически на протяжении 7 дней интрагастрально до моделирования мышечного утомления. Мышечную дисфункцию воспроизводили электростимуляционным методом по модифицированному протоколу Berck, для чего животным в условиях хлоралгидратной анестезии (350 мг/кг) в *m. bicepsbrachii* вживляли электроды и далее через 24 часа производили электромиостимуляцию в режиме: 3-х кратное максимальное сокращение (100 Гц, 3 сек. каждое сокращение) → 3 мин. утомительного сокращения (субмаксимальная стимуляция, 40 Гц) → 3-х кратное максимальное сокращение (100 Гц, 3 сек. каждое сокращение) [12]. Непосредственно после электростимуляции производили оценку мышечной силы в тесте «сила хватки» (точка T2). Затем, с целью изучения процесса восста-

новления функциональной активности скелетной мускулатуры, спустя 30 мин. повторно воспроизводили тест «сила хватки» (точка Т3). В последствии для оценки степени выраженности мышечной дисфункции проводили серию биохимических тестов, в которых изучали активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и креатинфосфокиназы (КФК) концентрацию креатинина, и миоглобина в сыворотке крови. В гомогенате мышечной ткани оценивали изменение концентрации молочной и пировиноградной кислот, с расчетом лактат/пируватного коэффициента, а также определяли уровень белка. Гомогенат мышц (*m. bicepsbrachii*) готовили на 1М фосфатном буфере (рН 7,8) в соотношении 1:10. Активность ЛДГ и КФК определяли с использованием стандартных наборов реактивов «Ольвексдиагностикум». Уровень креатинина определяли методом Яффе («Ольвексдиагностикум»), концентрацию лактата и пирувата оценивали энзиматическим методом (наборы реактивов «Арбис+»). Содержание белка в гомогенате мышц определяли биуретовым методом («Ольвексдиагностикум»). Уровень миоглобина оценивали иммуноферментным методом (реактивы «CloudClone»). Пробоподготовка и ход анализа соответствовал инструкции, прилагаемой к каждому набору.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программного комплекса «STATISTICA 6.0» (StatSoft, США) для операционной системы Windows. Данные выражали в виде  $M \pm SE$ , проверяли на нормальность распределения с применением критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения

групп средних, подчиненных закону нормального распределения использовали «ANOVA»-анализ с «posthoc» тестом Ньюмена-Кейсла, в обратном случае применяли критерий Крускалла-Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### 1.3 Результаты

В ходе первой серии экспериментов, посвященных изучению острой токсичности исследуемых галоген-замещенных производных хромон-3-альдегида, установлено, что LD50 для соединения Х3АF составляла 2885,04 мг/кг, а для вещества Х3АСI 3028, 46 мг/кг. Таким образом, для проведения второго этапа экспериментальной работы по изучению влияния галоген-замещенных производных хромон-3-альдегида, на развитие мышечной дисфункции у мышей вводимые дозы веществ Х3АF и Х3АСI составили 28,9 мг/кг и 30,3 мг/кг соответственно.

На втором этапе исследования установлено, что фоновая мышечная сила во всех экспериментальных группах животных была сопоставима между собой (рис. 1). У ПК группы мышечный тонус значительно не изменялся на всех точках регистрации (точка Т1-Т3).

У НК группы животных после электростимуляции мышечная сила снизилась на 163,6% ( $p < 0,05$ ) относительно фонового значения и по истечении 30 мин статистически значимых изменений не претерпела, что свидетельствует о быстром развитии мышечного утомления и низкой скорости восстановления активности скелетной мускулатуры у НК группы мышей. У животных на фоне введения «Милдроната» развитие мышеч-

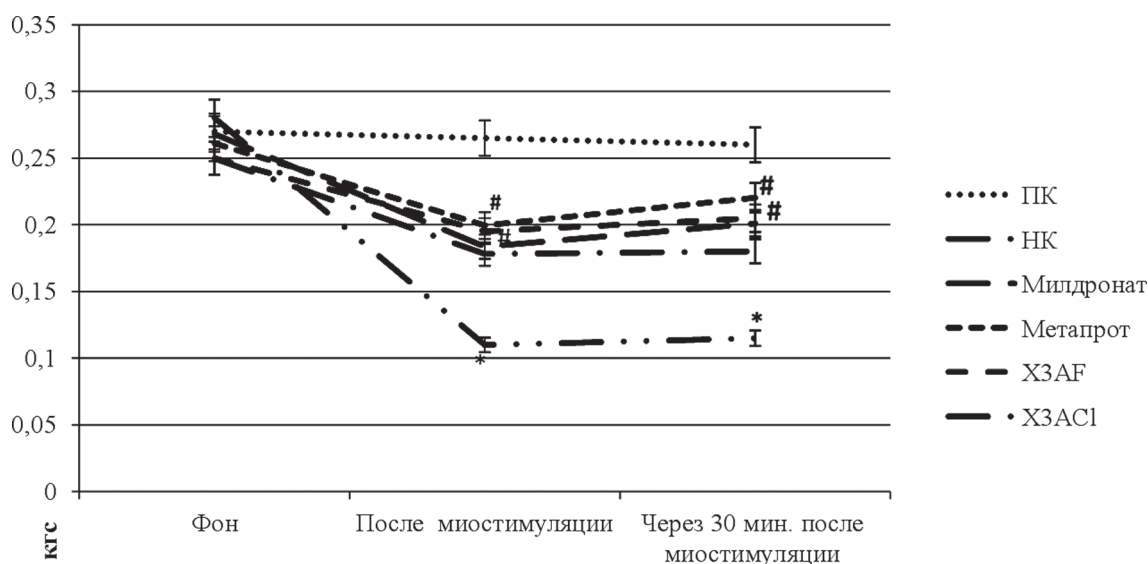


Рис. 1. Влияние новых галоген-замещенных хромон-3-альдегида на силу хватки мышей в условиях мышечной дисфункции

Pic.1. Influence of new chromon-3-aldehyde derivatives on grip force of mice in conditions of muscular dysfunction

ПК – группа животных положительного контроля/positive control (PC) group of animals

НК – группа животных негативного контроля/negative control (NC) group of animals

\* – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно ПК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the PC group of animals

# – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно НК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the NC group of animals

ного утомления носило не столь выраженный характер, по отношению к НК группы мышей, о чем свидетельствует снижение мышечной силы по сравнению с фоновым значением данной группы животных всего на 50% и более существенным ее восстановлением (на 11,1% ( $p<0,05$ ) по сравнению с показателями силы хватки после миостимуляции).

Курсовое введение мышам препарата сравнения «Метапрот» способствовало менее выраженным по сравнению с НК группой животных негативным последствиям электромиостимуляции. Так у мышей, получавших «Метапрот» сила хватки после миостимуляции снизилась лишь на 40% относительно фонового значения данной группы животных, а восстановление мышечного тонуса протекало интенсивнее (на 85,6% ( $p<0,05$ )) нежели у НК группы мышей.

Введение соединения ХЗАСI способствовало повышению силы хватки у животных после электромиостимуляции на 54,5% ( $p<0,05$ ), однако по истечении периода восстановления мышечный тонус у данной группы мышей статистически значимо не изменился. На фоне введения соединения ХЗАФ у животных мышечная дисфункция, как результат утомительного сокращения, была менее выражена, чем у НК группы мышей. Так сила хватки после миостимуляции животных, получавших ХЗАФ, превосходила аналогичный показатель НК группы мышей на 72,8%, а восстановление мышечной силы протекало быстрее (рис. 1).

При проведении серии биохимических тестов установлено, что у группы мышей НК после электромио-

стимуляции в сыворотке крови отмечено увеличение активности ЛДГ и КФК (табл. 1), по сравнению с ПК группой животных на 94,6% ( $p<0,05$ ) и 79,2% ( $p<0,05$ ) соответственно. Содержание миоглобина в сыворотке крови НК группы животных превосходило аналогичное значение ПК группы мышей в 3,9 ( $p<0,05$ ) раза, концентрация креатинина напротив была ниже на 119,2% ( $p<0,05$ ). В гомогенате мышечной ткани у НК группы отмечено увеличение концентрации лактата и пирувата в 3,8 ( $p<0,05$ ) раза и на 73,9% ( $p<0,05$ ), соответственно. В результате возникших изменений лактат/пируватное соотношение у НК группы мышей превысило аналогичный показатель ПК группы животных в 2,1 ( $p<0,05$ ) раза. Концентрация белка в гомогенате мышц НК группы мышей была на 67% ( $p<0,05$ ) меньше относительно ПК группы животных (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о развитии у НК группы мышей глубоких негативных структурных изменений мышечной ткани в результате электромиостимуляции.

На фоне применения «Милдроната» и соединения ХЗАСI наблюдалось снижение концентрации лактата в гомогенате мышечной ткани животных на 37,7% ( $p<0,05$ ) и 23,7% ( $p<0,05$ ) по сравнению с НК группой мышей. Остальные изучаемые показатели статистически значимых изменений относительно НК группы животных не претерпели (табл. 1 и 2).

У мышей, получавших «Метапрот» концентрация миоглобина в сыворотке крови была ниже относительно НК группы животных на 114,9% ( $p<0,05$ ), а содержание креатинина – выше на 101,1% ( $p<0,05$ ). Активность

Таблица 1

**Изменение биохимических параметров сыворотки крови, характеризующих мышечную функцию, в условиях коррекции утомления поперечнополосатой мускулатуры изучаемыми соединениями ХЗАФ и ХЗАСI, и референтными препаратами**

Table 1

**Change of biochemical parameters of blood serum (characterizing muscle dysfunction) in conditions of the correction of muscle fatigue by test-compounds ХЗАФ and ХЗАСI and referents preparations**

Группа Group	ПК PC	НК NC	«Милдронат» «Mildronat»	«Метапрот» «Metaprot»	ХЗ AF	ХЗ ACI
Миоглобин, нг/мл Myoglobin, ng/ml	9,03±0,857	34,97±1,051*	26,025±5,316	16,27±4,18*	24,49±4,867*	32,85±5,815
ЛДГ, Ед/л LDH, U/l	910,79±90,182	1771,91±74,124*	1343,11±87,479	856,55±54,789*	992,67±28,062*	1222,62±60,116
КФК, Ед/л CPK, U/l	586,75±26,493	1051,59±55,776*	737,7±47,492	693,49±62,925*	740,81±24,933*	637,38±47,299
Креатинин, ммоль/л Creatinine, mmol/l	87,44±7,544	39,89±2,014*	66,1±6,978	80,21±7,405*	72,89±5,914*	73,27±2,272

ПК – группа животных положительного контроля/PC – positive control group of animals

НК – группа животных негативного контроля/NC – negative control group of animals

\* – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно ПК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the PC group of animals

# – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно НК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the NC group of animals



Таблица 2

Изменение параметров мышечной функции в гомогенате мышц экспериментальных животных в условиях коррекции утомления поперечнополосатой мускулатуры изучаемыми соединениями Х3АF и Х3АСI, и референтными препаратами

Table 1

Change of muscle function parameters in homogenate of muscle of experimental animals in conditions of the correction of muscle fatigue by test-compounds X3AF and X3ACI and referents preparations

Группа Group	ПК PC	НК NC	«Милдронат» «Mildronat»	«Метапрот» «Metaprot»	X3AF	X3ACI
Лактат, ммоль/г Lacticacid, mmol/g	0,19±0,016	0,73±0,06*	0,53±0,029#	0,24±0,012 <sup>#α</sup>	0,37±0,023 <sup>#α</sup>	0,59±0,033 <sup>#</sup>
Пируват, ммоль/г Piruvicacid, mmol/g	0,023±0,006	0,041±0,003*	0,035±0,004	0,025±0,001 <sup>#α,β</sup>	0,027±0,001 <sup>#,β</sup>	0,039±0,002
Лактат/Пируват, усл. ед. Lacticacid/ Piruvicacid, con. ed	8,3±0,03	17,8±0,09*	15,1±0,125	9,6±0,256 <sup>#</sup>	13,7±0,325 <sup>#</sup>	15,1±0,349
Белок, г/л Total protein, g/l	13,98±0,4	8,37±0,711*	10,81±0,573	11,56±0,349 <sup>#</sup>	11,1±0,081	10,57±1,539

ПК – группа животных положительного контроля/PC – positive control group of animals

НК – группа животных негативного контроля/NC – negative control group of animals

\* – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно ПК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the PC group of animals

# – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно НК группы животных/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the NC group of animals

α – статистически значимо (критерий Ньюмена-Кейсла) относительно группы животных, получавших «Милдронат»/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the group of animals received «Mildronat»

β – статистически значимо (критерий Крускалла-Уоллиса) относительно группы животных, получавших соединение Х3АСI/statistically significant relative (Newman-Keulstest) to the group of animals received X3ACI compound

ЛДГ и КФК у мышей на фоне применения «Метапрота» уменьшилась по отношению к НК группе животных на 106,9% ( $p < 0,05$ ) и 51,6% ( $p < 0,05$ ) соответственно. Концентрация лактата и пирувата в гомогенате мышечной ткани мышей, получавших «Метапрот» снизилась по отношению к НК группе животных в 3,04 ( $p < 0,05$ ) и 2,67 ( $p < 0,05$ ) раза соответственно, и в 2,21 ( $p < 0,05$ ), и 2,3 ( $p < 0,05$ ) раза по сравнению с мышами, получавшими «Милдронат» (табл. 2), при этом лактат/пируватное соотношение статистически значимо не отличалось от показателя ПК группы мышей, а содержание белка превосходило аналогичный параметр НК группы животных на 38,1% ( $p < 0,05$ ).

На фоне введения экспериментальным животным соединения Х3АF по сравнению с НК группой мышей отмечено снижение активности ЛДГ и КФК в сыворотке крови на 78,5% ( $p < 0,05$ ) и 42% ( $p < 0,05$ ) соответственно, концентрация миоглобина также уменьшилась на 42,7% ( $p < 0,05$ ), содержание креатинина, напротив, увеличилось на 82,7% ( $p < 0,05$ ). В гомогенате мышц животных, получавших соединение Х3АF, наблюдалось снижение концентрации лактата и пирувата по сравнению с мышами НК группы на 97,3% ( $p < 0,05$ ) и 73,9% ( $p < 0,05$ ) соответственно, относительно группы мышей, которым вводили «Милдронат» концентрация лактата уменьшилась на 43,2% ( $p < 0,05$ ), а по сравнению с животными,

получавшими соединение Х3АСI статистически значимо уменьшилось содержание пирувата – на 70% ( $p < 0,05$ ). Лактат/пируватное соотношение и концентрация белка при применении соединения Х3АF статистически значимо по сравнению с НК группой животных не изменились.

#### 1.4 Обсуждение

Мышечная дисфункция лежит в основе ограничения физической активности, что может негативно сказываться на работе органов и систем, прежде всего сердечно-сосудистой и дыхательной. Установлено, что снижение физической активности способствует росту числа случаев артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца, бронхиальной астмы – заболеваний с высоким риском осложнений, вплоть до летального исхода [13]. Кроме того мышечное утомление является основным результат-лимитирующим фактором в профессиональном спорте [5]. Вышеперечисленное делает восстановление мышечного тонуса и сопряженной с ним физической активности до оптимального уровня одной из актуальных проблем современной фармакологии. Проведенное исследование показало, что курсовое применение новых галоген-замещенных производных хромон-3-альдегида способствовало значительно меньшему проявлению мышечной дисфункции, по сравнению с животными, не получавшими фармакологическую поддержку, в условиях мышечного электростимуляционно-

го теста, что подтверждалось данными биохимического исследования. При этом из представленных в данной работе двух соединений вещество под шифром ХЗАФ было сопоставимо по действию с референтным препаратом – «Метапрот» и превосходило соединение ХЗАС1 и препарат сравнения «Милдронат». Улучшение мышечной функции на фоне введения экспериментальным животным соединения ХЗАФ может быть связано с ингибирующим влиянием на активность сиртуина 2 (SIRT2). В литературных источниках приводятся сведения, что соединения, содержащие в своей структуре привилегированное ядро хромона, обладают свойствами down-регулятора функции SIRT2 [7], что предотвращает деструкцию сократительных белков поперечно-полосатой мускулатуры. Кроме того ингибирование SIRT2 приводит к блокаде PAR-3→aPKC пути. В результате на скелетных мышцах увеличивается плотность инсулиновых рецепторов, интенсифицируются анаболические процессы и повышается накопление энергетических субстратов, что предотвращает истощение мышц [14, 15].

#### Список литературы

1. Gea J, Pascual S, Casadevall C, Orozco-Levi M, Barreiro E. Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: update on causes and biological findings // Journal of Thoracic Disease. 2015. Vol.7, №10. P. 418-38. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.04.
2. Gea J, Barreiro E, Orozco-Levi M. Skeletal muscle adaptation to disease states. Skeletal Muscle Plasticity in Health and Disease: From genes to whole muscle. Dordrecht: Springer, 2006. P. 315-60.
3. Staud R. Peripheral and Central Mechanisms of Fatigue in Inflammatory and Non-Inflammatory Rheumatic Diseases // Current rheumatology reports. 2012. Vol.14, №6. P. 539-48. DOI: 10.1007/s11926-012-0277-z.
4. Chen W-C, Hsu Y-J, Lee M-C. Effect of burdock extract on physical performance and physiological fatigue in mice // The Journal of Veterinary Medical Science. 2017. Vol.79, №10. P. 1698-706. DOI: 10.1292/jvms.17-0345.
5. Johannes F, Jan W, Lutz V, Winfried B. Preventive and Regenerative Foam Rolling are Equally Effective in Reducing Fatigue-Related Impairments of Muscle Function following Exercise // J Sports Sci Med. 2017. Vol.16, №4. P. 474-9.
6. Stults-Kolehmainen MA, Sinha R. The Effects of Stress on Physical Activity and Exercise // Sports medicine (Auckland, NZ). 2014. Vol.44, №1. P.81-121. DOI: 10.1007/s40279-013-0090-5.
7. Fridén-Saxin M, Seifert T, Landergren MR. Synthesis and Evaluation of Substituted Chroman-4-one and Chromone Derivatives as Sirtuin 2-Selective Inhibitors // Journal of Medicinal Chemistry. 2012. Vol.55, №16. P. 7104-113. DOI: 10.1021/jm3005288.
8. Lee H, Lee K, Jung JK, Cho J, Theodorakis EA. Synthesis and evaluation of 6-hydroxy-7-methoxy-4-chromanone- and chroman-2-carboxamides as antioxidants // Bioorg Med Chem Lett. 2005. Vol.15, №11. P. 2745-8.
9. Afifi TH, Okasha RM, Ahmed HEA, Ilaš J, Saleh T, Abdel-Aziz AS. Structure-activity relationships and molecular docking studies of chromene and chromene based azo chromophores: A novel series of potent antimicrobial and anticancer agents // EXCLI Journal. 2017. Vol.16. P. 868-902. DOI: 10.17179/excli2017-356.

#### 1.5 Выводы

1. В условиях электромиостимуляционного теста у мышей наблюдается развитие мышечной дисфункции, сопровождаемой повышением активности ЛДГ и КФК в сыворотке крови экспериментальных животных на 94,6% ( $p<0,05$ ) и 79,2% ( $p<0,05$ ) соответственно, увеличением концентрации сывороточного миоглобина в 3,9 ( $p<0,05$ ) раза, снижением уровня креатинина, развитием лактат-ацидоза, снижением концентрации белка в гомогенате мышечной ткани на 67% ( $p<0,05$ ).

2. Применение препарата сравнения «Метапрот» способствовало устранению проявления мышечной дисфункции, превосходя при этом по активности референтный препарат «Милдронат».

3. Среди изученных новых галоген-замещенных производных хромон-3-альдегида наиболее выраженное влияние на изменение мышечного тонуса оказало соединение ХЗАФ, которое по величине фармакологической активности превосходило вещество ХЗАС1 и препарат сравнения «Милдронат» и было сопоставимо по действию с референтным препаратом «Метапрот».

#### References

1. Gea J, Pascual S, Casadevall C, Orozco-Levi M, Barreiro E. Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: update on causes and biological findings. Journal of Thoracic Disease. 2015;7(10):418-38. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.08.04.
2. Gea J, Barreiro E, Orozco-Levi M. Skeletal muscle adaptation to disease states. In: Bottinelli R, Reggiani C, editors. Skeletal Muscle Plasticity in Health and Disease: From genes to whole muscle. Dordrecht, Springer, 2006:315-60.
3. Staud R. Peripheral and Central Mechanisms of Fatigue in Inflammatory and Non-Inflammatory Rheumatic Diseases. Current rheumatology reports. 2012;14(6):539-48. DOI: 10.1007/s11926-012-0277-z.
4. Chen W-C, Hsu Y-J, Lee M-C. Effect of burdock extract on physical performance and physiological fatigue in mice. The Journal of Veterinary Medical Science. 2017;79(10):1698-706. DOI: 10.1292/jvms.17-0345.
5. Johannes F, Jan W, Lutz V, Winfried B. Preventive and Regenerative Foam Rolling are Equally Effective in Reducing Fatigue-Related Impairments of Muscle Function following Exercise. J Sports Sci Med. 2017;16(4):474-9.
6. Stults-Kolehmainen MA, Sinha R. The Effects of Stress on Physical Activity and Exercise. Sports medicine (Auckland, NZ). 2014;44(1):81-121. DOI: 10.1007/s40279-013-0090-5.
7. Fridén-Saxin M, Seifert T, Landergren MR, et al. Synthesis and Evaluation of Substituted Chroman-4-one and Chromone Derivatives as Sirtuin 2-Selective Inhibitors. Journal of Medicinal Chemistry. 2012;55(16):7104-13. DOI: 10.1021/jm3005288.
8. Lee H, Lee K, Jung JK, Cho J, Theodorakis EA. Synthesis and evaluation of 6-hydroxy-7-methoxy-4-chromanone- and chroman-2-carboxamides as antioxidants. Bioorg Med Chem Lett. 2005;15(11):2745-8.
9. Afifi TH, Okasha RM, Ahmed HEA, Ilaš J, Saleh T, Abdel-Aziz AS. Structure-activity relationships and molecular docking studies of chromene and chromene based azo chromophores: A novel series of potent antimicrobial and anticancer agents. EXCLI Journal. 2017;16:868-902. doi:10.17179/excli2017-356.

10. Воронина Т.А., Капица И.Г., Иванова Е.А. Сравнительное исследование влияния мексидола и милдроната на физическую работоспособность в эксперименте // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2017. Т.117, №4. С. 71-4.

11. Баулин С.И., Рогачева С.М., Афанасьева С.В. Изучение влияния фармацевтических препаратов на физическую работоспособность // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2013. Т.155, №5. С. 586-9.

12. Gregory NS, Gibson-Corley K, Frey-Law L, Sluka KA. Fatigue-enhanced hyperalgesia in response to muscle insult: induction and development occur in a sex-dependent manner // Pain. 2013. Vol.154, №12. P. 2668-76. DOI: 10.1016/j.pain.2013.07.047.

13. Rutherford G, Manning P, Newton JL. Understanding Muscle Dysfunction in Chronic Fatigue Syndrome // Journal of Aging Research. 2016. Vol.24. P. 37-48. DOI: 10.1155/2016/2497348.

14. Houtkooper RH, Pirinen E, Auwerx J. Sirtuins as regulators of metabolism and healthspan // Nature reviews Molecular cell biology. 2012. Vol.13, №4. P. 225-38. DOI: 10.1038/nrm3293.

15. Jing E, Gesta S, Ronald Kahn C. Sirt2 Regulates Adipocyte Differentiation Involving FoxO1 Acetylation/Deacetylation // Cell metabolism. 2007. Vol.6, №2. P. 105-14. DOI: 10.1016/j.cmet.2007.07.003.

10. Voronina TA, Kapica IG, Ivanova EA. Srovnitel'noe issledovanie vliyaniya meksidola i mildronata na fizicheskuyu rabotosposobnost v eksperimente. Neuroscience and Behavioral Physiology. 2017;117(4):71-4. Russian.

11. Baulin SI, Rogacheva SM, Afanaseva SV. Izuchenie vliyaniya farmatsevticheskikh preparatov na fizicheskuyu rabotosposobnost. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2013;155(5):586-9. Russian.

12. Gregory NS, Gibson-Corley K, Frey-Law L, Sluka KA. Fatigue-enhanced hyperalgesia in response to muscle insult: induction and development occur in a sex-dependent manner. Pain. 2013; 154(12):2668-76. DOI: 10.1016/j.pain.2013.07.047.

13. Rutherford G, Manning P, Newton JL. Understanding Muscle Dysfunction in Chronic Fatigue Syndrome. Journal of Aging Research. 2016;24:37-48. DOI: 10.1155/2016/2497348.

14. Houtkooper RH, Pirinen E, Auwerx J. Sirtuins as regulators of metabolism and healthspan. Nature reviews Molecular cell biology. 2012;13(4):225-38. DOI: 10.1038/nrm3293.

15. Jing E, Gesta S, Ronald Kahn C. Sirt2 Regulates Adipocyte Differentiation Involving FoxO1 Acetylation/Deacetylation. Cell metabolism. 2007;6(2):105-14. DOI: 10.1016/j.cmet.2007.07.003.

#### Сведения об авторах:

**Воронков Андрей Владиславович**, заведующий кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института, филиала ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, доцент, д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-6638-6223

**Поздняков Дмитрий Игоревич**, преподаватель кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института, филиала ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России. ORCID ID: 0000-0003-0889-7855 (+7(918)756-08-89, pozdniackow.dmitry@yandex.ru)

**Руковицина Виктория Михайловна**, аспирант кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института, филиала ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России. ORCID ID: 0000-0003-4104-9217

**Оганесян Эдуард Тоникович**, заведующий кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института, филиала ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, проф., д.фарм.н. ORCID ID: 0000-0002-2756-9382

#### Information about the authors:

**Andrey V. Voronkov**, M.D., D.Sc. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Pharmacology with the Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-6638-6223

**Dmitry I. Pozdnyakov**, Lecturer of the Department of Pharmacology with the Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0003-0889-7855 (+7(918)756-08-89, pozdniackow.dmitry@yandex.ru)

**Viktoriya M. Rukovitsyna**, Postgraduate Student of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0003-4104-9217

**Eduard T. Oganeyan**, D.Sc. (Pharm), Prof., Head of the Department of Organic Chemistry of the Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute, -Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-2756-9382

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

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

Поступила в редакцию: 19.06.2018

Принята к публикации: 28.06.2018

Received: 19 June 2018

Accepted: 28 June 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.72

УДК: 611.08; 612.829.3; 612.884; 159.9.07; 159.91; 159.946.2

## Эмпирическая типология травмированных спортсменов: психологические ресурсы и риски

Л.М. Довжик<sup>1</sup>, Г.Н. Тихонов<sup>2</sup>, К.А. Бочавер<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Московский городской психолого-педагогический университет,  
Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Университет Хельсинки, г. Хельсинки, Финляндия

<sup>3</sup>НОЧУ ВО Московский институт психоанализа, г. Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** составить прогностическую эмпирическую модель переживания спортивной травмы и совладания с ней, учитывающую стратегии и навыки совладания, эмоциональное состояние, а также пол, возраст и уровень травмированности спортсменов. **Материалы и методы:** обследовано 227 спортсменов различных видов спорта. Использованы бланковые методики, оценивающие навыки и стратегии совладания, эмоциональное состояние, уровень жизнестойкости. Статистическая обработка выполнена при помощи метода Байесовского регрессионно-факторного анализа с априори неизвестным числом латентных факторов. **Результаты:** выделены и описаны 6 типов, в которые спортсмены объединяются на основании своих стратегий преодоления стресса, уровня благополучия и аффективных установок по отношению к травме как жизненному событию. Представленная модель обладает высокой валидностью и позволяет анализировать душевные ресурсы и риски травмированного спортсмена при подготовке психологической интервенции. **Выводы:** в соответствии с результатами первичного тестирования и беседы с травмированным спортсменом возможно представить основные персональные риски для его благополучного преодоления стресса и реабилитации и оптимизировать программу психологического сопровождения.

**Ключевые слова:** спортивные травмы, совладающее поведение, психология спорта

**Для цитирования:** Довжик Л.М., Тихонов Г.Н., Бочавер К.А. Эмпирическая типология травмированных спортсменов: психологические ресурсы и риски // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 72-80. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.72.

## Empirical typology of injured athletes: psychological resources and risks

Lidiya M. Dovzhik<sup>1</sup>, Gleb N. Tikhonov<sup>2</sup>, Konstantin A. Bochaver<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia

<sup>2</sup>University of Helsinki, Helsinki, Finland

<sup>3</sup>Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to create a multi-factor predictive empirical model of athletic injury experience and coping behavior, taking into account the coping skills, emotional state, gender, age. **Materials and methods:** 227 athletes of various sports were examined. Questionnaires assessed the skills and strategies of coping, emotional state, subjective well-being, the level of resilience. Statistical processing was performed using the method of Bayesian regression-factor analysis. **Results:** six types of athletes were identified and described in accordance with their strategies to overcome stress, well-being and affective attitudes towards injury as a life event. The presented model has a high validity and allows analyzing of mental resources and risks of the injured athlete. **Conclusions:** in accordance with the results of the initial testing and interview with the injured athlete, it is possible to present the main personal risks for successful stress management and rehabilitation and to optimize the psychological support program.

**Key words:** athletic injuries, coping behavior, sport psychology

**For citation:** Dovzhik LM, Tikhonov GN, Bochaver KA. Empirical typology of injured athletes: psychological resources and risks. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):72-80. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.72.

### 1.1. Введение

Обусловленная высокой профессиональной конкуренцией ускоренная ситуация целеустремленного развития, в которой находится спортсмен, повышает риски в области психического и физического здоровья [1-3]. Профессиональный спорт всегда сопряжен с травмами, которые представляют собой наиболее частую причину завершения карьеры [4-6]. Противоречивая специфика

спортивной травмы заключается в том, что с одной стороны, из-за высокой распространенности, «культуры риска» и стереотипов мужественности, она уже возведена в ранг нормального явления в спорте, воспринимается как рутина и в целом является ожидаемым и привычным событием, а с другой стороны, травма всегда нарушает планы спортсмена, меняет его образ жизни, мешает реализации целей и выполнению задач. Инте-



рес в рамках психологического подхода к спортивной травме задан современными тенденциями: в настоящее время внимание уделяется не только функциональному восстановлению травмированного организма, но и восстановлению психологического состояния, признается нетождественность физической и психологической готовности при возвращении в спорт после травмы. Изучение специфики переживания спортивной травмы, понимание особенностей совладания в зависимости от возраста, пола, количества травм и личностных особенностей спортсмена позволит выявить наиболее и наименее адаптивные группы и повысить эффективность превентивной и профилактической работы со спортсменами в данной ситуации.

**Цель исследования:** составить многофакторную прогностическую эмпирическую модель переживания спортивной травмы и совладания с ней, учитывающую используемые стратегии и навыки совладания, эмоциональное состояние, а также пол, возраст и уровень травмированности спортсменов.

### 1.2. Материалы и методы

Эмпирическую базу исследования суммарно составили 227 спортсменов. Среди спортсменов представителей женского пола – 111 (49%) и мужского пола – 116 (51%). Возраст респондентов от 14 до 30 лет (M возраст =19,4) (рис. 1).

Выборка состоит из профессиональных спортсменов и в целом выровнена по мастерству: большинство спортсменов (84%) имеет разряд не ниже кандидата в мастера спорта. Респонденты являются профессиональными спортсменами, представляющими разные виды спорта: футбол (32 спортсмена), велоспорт (28 спортсменов), спортивное ориентирование (27 спортсменов), борьбу (25 спортсменов), скалолазание (23 спортсмена), волейбол (20 спортсменов), гандбол (20 спортсменов), легкую атлетику (19 спортсменов), баскетбол (18 спортсменов),

гимнастику (17 спортсменов), теннис (16 спортсменов), лыжные гонки (15 спортсменов), фигурное катание (14 спортсменов).

Среди травм, которые указали спортсмены (N=228) можно выделить следующие: перелом (пальцы, руки, ноги, челюсть, локтевой сустав, ключица) – 28%; трещина/ смещение – 15%; разрывы связок – 36%; надрыв связок или мышц – 5%.

Если при классификации травм выделить поврежденный участок тела, то чаще всего спортсмены указывали на травмы колена (разрывы/надрывы коленных связок, травмы мениска) – 23%, а также травмы голеностопа (разрыв/растяжение связок, трещины) – 13%. Более половины спортсменов (60%) указали, что это первая их травма, остальные (40%) сообщили, что травма повторная. В выборку вошли спортсмены, которые имели травмы в течение последнего года. Все они на момент обследования восстановились согласно физическим показателям.

Для достижения цели исследования были использованы следующие бланковые методики: Индикатор стратегий преодоления Д. Амирхана [7]; Тест жизнестойкости [8]; Шкала позитивного аффекта и негативного аффекта [9]; Опросник субъективного благополучия [10]; Тест копинг-навыков спортсмена – ACSI-28 [11]; опросник «Уровень субъективного контроля» [12] и опросник посттравматического роста в адаптации Магомед-Эминова.

### 1.3. Результаты

Анализируется зависимость между откликами респондентов по различным шкалам в контексте имеющейся базовой фоновой информации по каждому из респондентов: возраст, пол и наличие травм в прошлом. Для расчетов применен метод Байесовского регрессионно-факторного анализа с априори неизвестным числом латентных факторов [13], реализованный в статисти-



Рис. 1. Распределение по возрасту в мужской и женской группах

Pic.1. Age distribution in male and female groups

ческом пакете HMSC [14]. В расчетной модели предполагается аддитивная линейная структура зависимости показателей по шкалам относительно каждого из вышеперечисленных трех предикторов, при этом конкретные зависимости для различных шкал описываются своим набором линейных коэффициентов. Помимо предоставления результатов регрессионной составляющей, данный статистический подход содержит также компонент соответствующий факторной модели, что позволяет компактно охарактеризовать структуру остаточной вариативности в ответах респондентов при помощи единой матрицы ковариаций между измеренными шкалами, при этом предполагая стационарность данной ковариационной структуры и статистическую независимость векторов остатков для различных респондентов.

Практическое определение данной ковариационной матрицы основано на включенном в модель факторном компоненте, за счет возможности аппроксимации ковариационной матрицы в виде  $\Sigma = \Lambda^T \Lambda + D$ , где с помощью произведения «широкой» матрицы  $\Lambda$  и с ее транспонированной описываются ассоциативные связи между остатками регрессионной модели по различным шкалами, а диагональная матрица  $D$  отвечает за идиосинхронную (не структурированную) часть остатков.

Основными параметрами модели, представляющими практический интерес являются матрица регрессионных коэффициентов, описывающая отклики показателей шкал на характеристики фоновой информации респондента, и матрица ассоциативности (определенная как  $R = \text{covcorr}(\Lambda^T \Lambda)$ ), которая характеризует структуру зависимости в показателях по различным шкалам, которую не удалось дискриминировать регрессионным анализом относительно учитываемых предикторов.

Отдельно из возможностей использованного статистического пакета следует отметить возможность анализа данных с пропусками в матрице объясняемых характеристик. Также пакет позволяет «восстановить» пропущенные данные (с определенной долей статистической неопределенности), при валидности предположения об однородности выборки респондентов после учета их фоновых характеристик.

Для начала рассмотрели направления статистически значимых откликов шкал на параметры фоновых характеристик (рис. 2). Каждая ячейка цветографической таблицы соответствует коэффициенту линейной регрессии между предиктором (столбец) и целевой шкалой (строка). Красный цвет соответствует статистически значимым ( $p=0.05$ ) положительным эффектам предикторов на целевые шкалы, а синий – отрицательным. Коэффициенты, которые не являются значимыми отображены белым цветом.

Таким образом, в то время как фактор возраста оказывает значимое воздействие только на показатели Негативного аффекта, Субъективного благополучия, стратегии Социальной поддержки, копинг-навыков Свободы от негативных переживаний, двух шкал локуса контроля

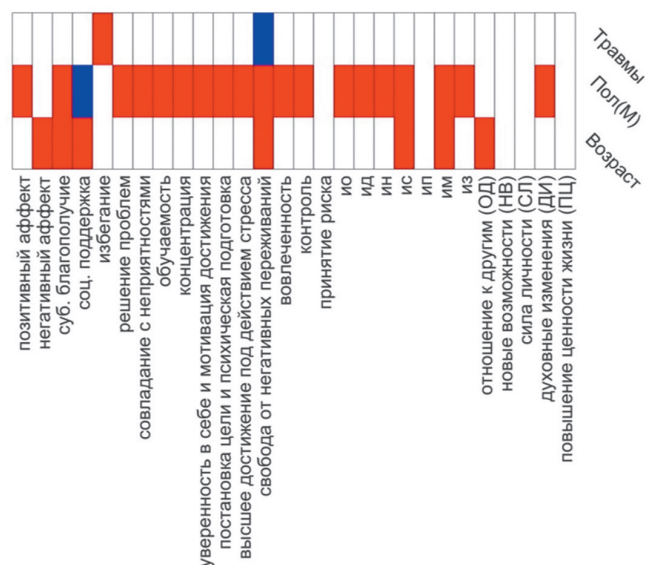


Рис. 2. Направление и статистическая значимость коэффициентов регрессионной составляющей в использованной статистической модели

Pic. 2. Sign and statistical significance of the regression coefficients in the fitted HMSC statistical model

и Отношения к другим (опросник Посттравматического роста), фактор пола является значимым предиктором для большого числа шкал. Причем более высокий уровень всех показателей связан именно с мужским полом, за исключением Социальной поддержки – к данной стратегии чаще прибегают женщины.

Фактор, отражающий количество травм, является значимым предиктором для стратегий Избегания и Свободы от негативных переживаний. Чем больше травм, тем выше балл по шкале Избегания и тем ниже балл по шкале Свобода от негативных переживаний.

Далее мы изучили ассоциативность между анализируемыми шкалами на всей изученной выборке, чтобы понять структуру взаимосвязей между ответами разных респондентов, которую не удалось атрибутировать на счет включенных в регрессионный компонент предикторов, а также позже перейти к проверкам гипотез о предикторах с использованием вспомогательных переменных и кросс-секционного дизайна в зависимости от возраста, пола и количества травм, условно «уровня травмированности», спортсменов (рис. 3). Каждая ячейка цветографической таблицы соответствует паре шкал, а цвет ячейки отображает ассоциативную связность между ними (по шкале корреляций  $[-1,1]$ ). Красный соответствует положительной ассоциации, синий – отрицательной при условии, что модель оценила статистическую значимость на уровне 0.05. Неокрашенные ячейки соответствуют парам, знак ассоциативности для которых достоверно определить не удастся. Цветовой градиент отображает амплитуду оцененной ассоциации, чем более насыщенный цвет, тем более однозначно схожими

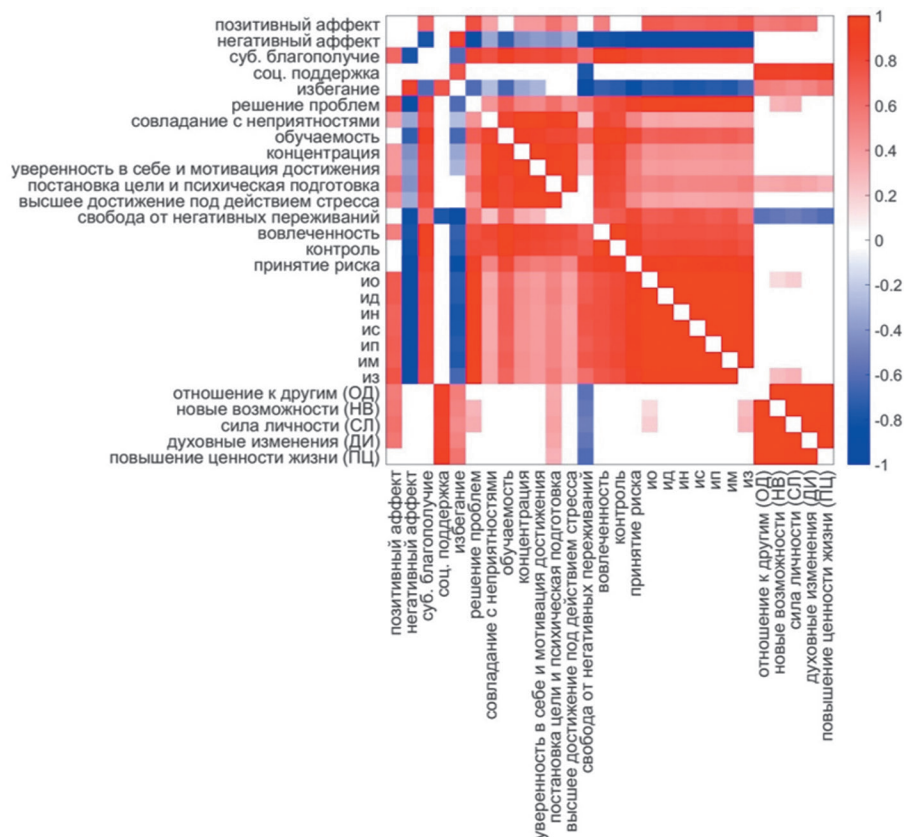


Рис. 3. Структура ассоциативности между анализируемыми шкалами после учета эффекта предикторов включенных в регрессионную модель

Fig. 3. The structure of associations between respondents' scores in analyzed questionnaires after accounting for the fixed effects with the regression component

(красный) или противоположными (синий) являются измерения по данным шкалам.

Как видно, позитивный аффект имеет сильную положительную связь с копинг-стратегией Разрешение проблем. Также он положительно связан с такими копинг-навыками, как совладание с неприятностями, концентрация, уверенность в себе и мотивация достижения, постановка цели и психическая подготовка, высшее достижение под действием стресса. Отмечается положительная связь со всеми шкалами Интернальности (общая интернальность, интернальность в области достижений, неудач, в семейных, производственных и межличностных отношениях, интернальность в отношении здоровья и болезни).

Негативный аффект, в свою очередь, имеет только одну сильную положительную корреляцию, а именно с копинг-стратегией Избегание. Со всеми остальными шкалами показана отрицательная связь. Среди них отмечается: копинг-стратегия Разрешения проблем, все копинг-навыки (совладание с неприятностями, обучаемость, концентрация, уверенность в себе и мотивация достижения, постановка цели и психическая подготовка, высшее достижение под действием стресса, свобода от негативных переживаний) и все виды Интернальности.

Уровень Субъективного благополучия положительно связан с копинг-стратегией Разрешение проблем, со всеми копинг-навыками и всеми видами Интернальности. Также он имеет отрицательную связь с копинг-стратегией Избегание.

Все компоненты жизнестойкости, а именно Вовлеченность, Контроль, Социальная поддержка отрицательно связаны с копинг-стратегией Избегание и положительно – с копинг-стратегией Разрешение проблем, всеми видами копинг-навыков и всеми видами интернальности.

Наконец, посттравматический рост как еще один показатель совладания связан во всех своих проявлениях со стратегиями Социальной поддержки и Избеганием, а также копинг-навыком Постановка цели и психическая подготовка. Также он отрицательно связаны с копинг-навыком Свобода от негативных переживаний. Новые возможности и Сила личности положительно связаны с Общей интернальностью и Интернальностью в области здоровья, со стратегией Разрешение проблем.

Результаты легко интерпретируются и обладают внутренней согласованностью: с разными показателями благополучия связаны, а значит, коррелируют с эффективностью преодоления спортивной травмы такие стра-



тегии и навыки, как Разрешение проблем, все копинг-навыки и Интернальность. Отрицательно коррелирует с эффективностью Избегание. Следует отметить, что Н.Е. Харламенкова указывает, что Избегание можно рассматривать не только как стратегию совладания, но также и как один из признаков ПТС (посттравматического стресса), то есть симптоматический признак энергетического упадка. И если как стратегия Избегание может иметь как непродуктивный, так и адаптивный характер, то в качестве признака ПТС это однозначно неблагоприятный показатель состояния спортсмена [15].

Посттравматический рост как позитивное последствие спортивной травмы парадоксально связан с формами совладания, большинство из которых непродуктивны: Избеганием, Социальной поддержкой, Постановкой цели и психической подготовкой и отрицательно связан со Свободой от негативных переживаний. Таким образом, посттравматический рост может быть понят как эпифеномен неуспешного совладания с травмой. Однако такая интерпретация данных согласуется с пониманием феномена посттравматического роста авторами данной концепции. Р. Тэдэши и Л. Кэлхонн отделяют посттравматический рост личности от психологических защит и совладающего поведения. По их мнению, посттравматический рост личности возможен только в том случае если событие было травматическим, а также, если субъект не смог адаптироваться к ситуации и избежать изменений связанных со стрессом [16].

Для интеграции всех переменных, а также таких факторов как пол, возраст и уровень травмированности нами была построена эмпирическая модель переживания травмы и совладания с ней. В расчетной модели предполагается аддитивная линейная структура зависимости показателей по шкалам относительно каждого из вышеперечисленных трех предикторов, при этом конкретные зависимости для различных шкал описывается своим набором линейных коэффициентов. Помимо регрессионной составляющей, модель предполагает стационарность корреляционной структуры остатков между различными респондентами и статистическую независимость остатков для разных респондентов, что позволяет охарактеризовать остаточную вариативность при помощи единой матрицы ковариаций между шкалами.

Получено визуальное цветографическое отображение показателей по каждой из шкал для каждого из респондентов (в относительно масштабированных шкалах). Цветовая градация синий-голубой-белый-желтый-бордовый соответствуют градиенту от низких относительных значений до высоких. Для того чтобы данные к «унифицированным» единицам показатели по всем шкалам, было использовано нормирование, то есть вычит эмпирического среднего и деление на эмпирическое стандартное отклонение. При таком способе все значения попадают в промежуток от -3 до 3, от самых низких до самых высоких.

Строки матрицы упорядочены в соответствии с результатами иерархической классификации, основанной на восстановленных показателях; соответствующая дендрограмма отображена на левой части изображения. Помимо этого, строки аннотированы при помощи цветографических схем, отображающих фоновые показатели респондентов.

В дендрограмме выделено 8 основных классов, в которых усреднены показатели внутри каждого. Также программа сгруппировала методики по степени связанности между собой. Таким образом, мы получили 8 основных кластеров, соответствующих 6 эмпирическим типам переживания спортивной травмы и совладания с ней (рис. 4).

#### 1.4 Обсуждение

Шесть эмпирических типов переживания спортивной травмы и совладания с ней образовали исковую Эмпирическую Модель Переживания Травмы:

##### Тип I (кластер 1). «Жертвы»

► Состав: многократно и однократно травмированные девушки подростково-юношеского возраста.

► Описание: имеют максимально высокие баллы по уровню Негативного аффекта, Избеганию, Соц. поддержки и экстремально низкие по копинг-навыкам, уровню жизнестойкости и субъективному благополучию.

► Пояснение: девушки-подростки имеют тенденцию к снижению показателей благополучия и совладания как при получении первой травмы, так и повторной.

##### Тип II (кластеры 2-3). «Нестойкие»

► Состав: большинство многократно и однократно травмированные девушки подростково-юношеского возраста. Присутствуют юноши с первой травмой и взрослые мужчины с повторными травмами.

► Описание: девушки имеют высокие показатели по уровню Негативного аффекта, Избеганию, Социальной поддержки. Демонстрируют показатели ниже среднего и средние по копинг-навыкам, уровню жизнестойкости и субъективному благополучию. Показатели выше среднего проявляются за счет мужчин. Мужчины попали в эту группу за счет высоких показателей по шкалам Негативного аффекта, Избеганию, Социальной поддержки.

► Пояснение: в эту группу попали «средние» девушки подростково-юношеского возраста, которые имеют повторную травму, и те, кто травмирован впервые. Первая травма в подростковом возрасте имеет эффект, схожий с эффектом повторной травмы. Также в эту группу попали мужчины, большинство из них имеет одну травму. Мобилизация навыков совладания у мужчин происходит в большей степени при получении повторной травмы. Также из попавших в данную группу мужчин, те, кто имеет повторную травму – взрослые, а для этой возрастной группы не характерно улучшение совладания при получении повторной травмы. При этом на фоне женщин, у мужской группы показатели выше.



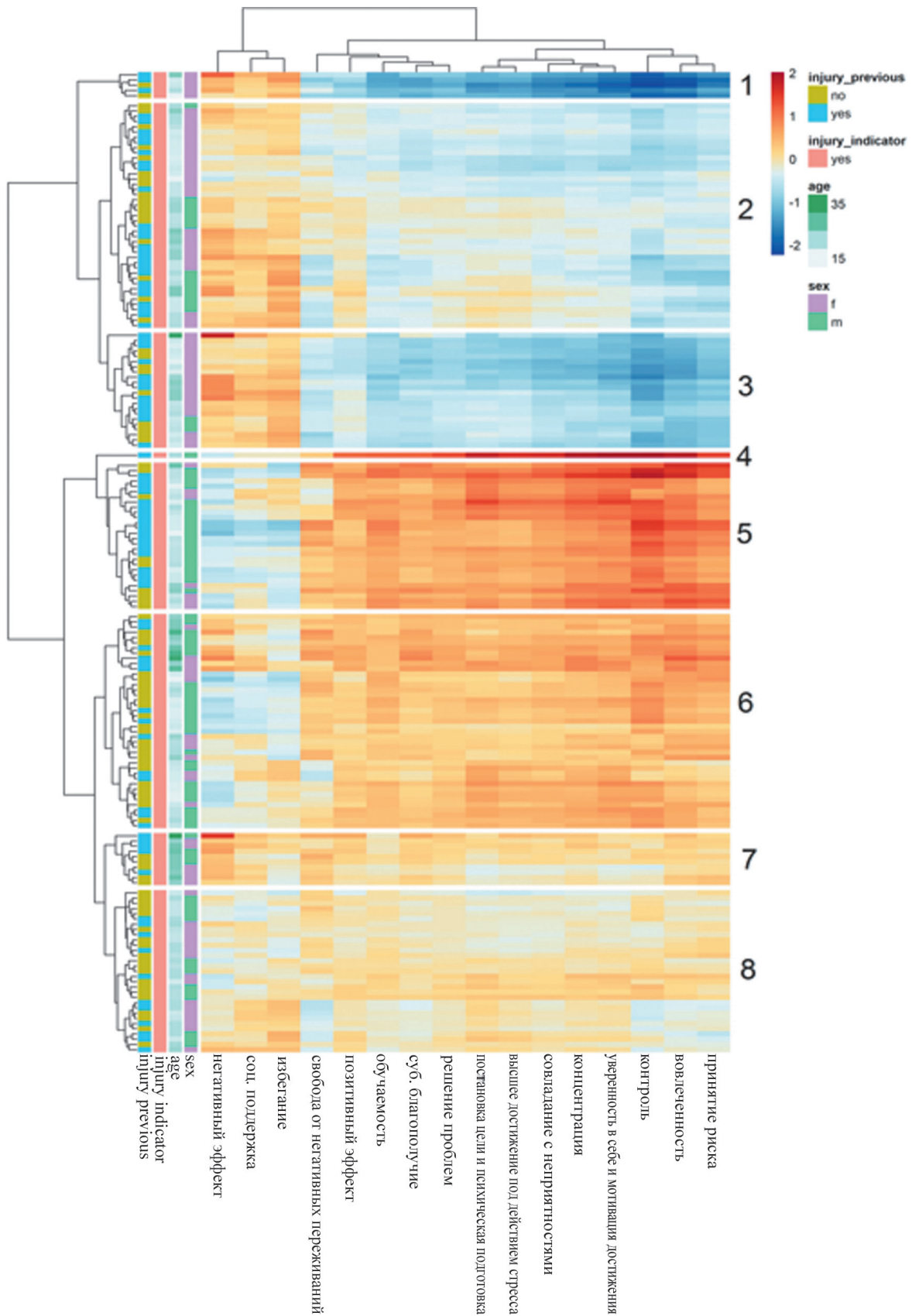


Рис. 4. Основные типы спортсменов при совладании с травмой  
 Pic. 4. Dominant athlete types for injury coping process

**Тип III (кластеры 4-5). «Надежда спорта»**

► Состав: большинство многократно травмированные подростки мужского пола и юноши, несколько женщин с первой травмой.

► Описание: низкий уровень Негативного аффекта и редко используют стратегию Избегания и Социальной поддержки. Максимально высокие баллы по копинг-навыкам, уровню жизнестойкости и субъективному благополучию

► Пояснение: повышение эффективности совладающего поведения у мужчин в ситуации переживания повторной травмы характерно для подростков мужского пола и юношей. Они мобилизуют все копинг-ресурсы, чаще используют стратегию Разрешение проблем. Также в эту группу вошли несколько женщин юношеского и зрелого возраста, имеющих 1 травму. Первая травма не оказывает негативного влияния на спортсменов этого возраста и наоборот, имеет тенденцию к улучшению навыков совладания, также девушки с возрастом они наращивают навыки совладания, чем и объясняется возраст присутствующих здесь спортсменов.

**Тип IV (кластер 6). «Несломленные»**

► Состав: спортсмены мужского пола разного возраста, имеющие одну травму. Присутствует немного взрослых женщин с повторной травмой и девушек с первой травмой.

► Описание: низкий уровень Негативного аффекта (за исключением самых старших спортсменов обоего пола), редко используют стратегию Избегания и Социальной поддержки. Средние и выше среднего баллы по копинг-навыкам, уровню жизнестойкости и субъективному благополучию.

► Пояснение: в среднем мужчины имеют тенденцию к лучшему совладанию с травмой, чем женщины. В ситуации с первой травмой различия незначительны. Поэтому в данном кластере большинство – это мужчины с первой травмой, и только 1/3 кластера – женщины. Это наиболее адаптивные представительницы женской группы. Причем взрослые женщины в этом кластере имеют несколько травм, а остальные – одну. Взрослые женщины справляются с травмами лучше своих юных коллег, поэтому они вполне могут показать результат схожей с мужской группой.

**Тип V (кластер 7). «Опытные ветераны»**

► Состав: взрослые мужчины и женщины с разным количеством травм.

► Описание: самый высокий уровень Негативного аффекта, довольно часто используют социальную поддержку, по всем остальным показателям демонстрируют результаты чуть выше среднего.

► Пояснение: и женщины, мужчины с возрастом переживают больше негативных эмоций, а также чаще обращаются за помощью к другим. Мужчины с возрастом не демонстрирует «подъёма» при совладании с травмой, женщины же, напротив, постепенно улучшают свои навыки.

**Тип VI (кластер 8). «Устойчивые»**

► Состав: девушки и юноши, большинство с одной травмой.

► Описание: имеют средние показатели по всем методикам.

► Пояснение: девушки и юноши, имеющие одну травму (в этой группе их большинство) не различаются по эмоциональному состоянию, а также используемым копинг-навыкам и стратегиям: девушки этого возраста имеют тенденцию к улучшению навыков совладания при получении первой травмы, в то время как навыки совладания юноши при получении первой травмы остаются прежними.

Созданная модель позволила выявить типы переживания спортивной травмы и реагирования на нее. Такое разделение спортсменов поможет выявить уязвимые места в каждом возрасте при получении травмы, а также отметить ресурсы и возможности для преодоления травмы. Выделено 6 эмпирических типов личности спортсмена при переживании травмы: «Жертвы», «Нестойкие», «Несломленные», «Надежда спорта», «Опытные ветераны» и «Устойчивые». Среди них были выделены «крайние» типы, представляющие соответственно группу риска и наиболее перспективную группу: «Жертвы», в которую вошли многократно травмированные девушки подростково-юношеского возраста, и «Надежда спорта», куда входили многократно травмированные подростки мужского пола и юноши. Среди остальных групп к менее адаптивным можно отнести группу «Нестойкие», куда вошли в основном многократно и однократно травмированные девушки подростково-юношеского возраста, имеющие более высокие показатели в сфере благополучия и совладания в отличие от группы «Жертвы», но довольно низкие на общем фоне. К более адаптивным группам можно отнести «Устойчивых» и «Несломленных»: в первую группу вошли однократно травмированные девушки и юноши, во второй группе присутствуют спортсмены мужского пола разного возраста, имеющие одну травму, а также женщины с повторной травмой и девушки с первой травмой, успешно справляющиеся с переживанием травмы. В группе «Опытные ветераны» на фоне успешного совладания с травмой, как первой, так и повторной, отмечается высокий уровень Негативного аффекта, однако в целом спортсмены в этой группе имеют довольно неплохие показатели совладания. Переживание негативных состояний во взрослом возрасте, независимо от пола и возраста, вероятно, связано с их опытом и высоким спортивным статусом, потенциальная потеря которого чревата болезненной и нежелательной перестройкой профессиональной траектории, тогда как у молодежи в случае ухода из спорта больше возможностей и меньше тревога.

**1.5. Выводы**

У травмированных взрослых спортсменов выше уровень негативного аффекта, чем у подростков и юношей,

при этом выше и уровень субъективного благополучия, также они чаще начинают использовать стратегию Социальная поддержка и копинг-навык Свободу от негативных переживаний. Также было выявлено, что при совладании с травмой все показатели за исключением стратегии Избегания выше у мужчин, что говорит о более эффективном преодолении травмы именно среди мужской половины.

Выделено 6 типов личности спортсмена с учетом специфики переживания ими спортивной травмы и реагирования на нее, различающихся эффективностью совладания: «Жертвы»; «Нестойкие»; «Надежда спорта»; «Несломленные»; «Опытные ветераны»; «Устойчивые». «Крайними» типами являются: группа риска, куда вошли многократно травмированные девушки подростково-юношеского возраста («Жертвы») и сверхадаптивные, куда входили многократно травмированные подростки мужского пола и юноши («Надежда спорта»).

#### Список литературы

1. **Бочавер К.А., Довжик Л.М.** Совладающее поведение в профессиональном спорте: феноменология и диагностика // Клиническая и специальная психология. 2016. Т.5, №1. С. 1-18. DOI: 10.17759/cpse.2016050101.
2. **Довжик Л.М.** Уйти или остаться? Трудности переходного периода между юношеским и взрослым спортом // Актуальные проблемы психологического знания. 2017. Т.42, №1. С. 40-55.
3. **Hanin YL.** Emotions in Sport: current issues and perspectives // Handbook of sport psychology (3-d ed.) Hoboken, NJ: Wiley, 2007. Vol.31. P. 58.
4. **Stambulova N.** Athletes' transitions in sport and life: positioning new research trends within the existing system of athlete career knowledge // Routledge International Handbook of Sport Psychology. 2016. P. 519-34.
5. **Ivarsson A, Johnson U, Andersen MB, Tranaeus U, Stenling A, Lindwall M.** Psychosocial factors and sport injuries: meta-analyses for prediction and prevention // Sports medicine. 2017. Vol.47, №2. P. 353-65. DOI: 10.1007/s40279-016-0578-x.
6. **Ivarsson A, Tranaeus U, Johnson U, Stenling A.** Negative psychological responses of injury and rehabilitation adherence effects on return to play in competitive athletes: a systematic review and meta-analysis // Open access journal of sports medicine. 2017. Vol.8, №27. P. 27-32. DOI: 10.2147/OAJSM.S112688.
7. **Amirkhan JH.** A factor analytically derived measure of coping: The Coping Strategy Indicator // Journal of personality and social psychology. 1990. Vol.59, №5. P. 1066-74. DOI: 10.1037/0022-3514.59.5.1066.
8. **Леонтьев Д.А., Рассказова Е.И.** Тест жизнестойкости. М.: Смысл, 2006. 63 с.
9. **Thompson ER.** Development and validation of an internationally reliable short-form of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) // Journal of Cross-Cultural Psychology. 2007. Vol.38, №2. P. 227-42. DOI: 10.1177/0022022106297301.
10. **Tennant R, Fishwick R, Platt S, Joseph S, Stewart-Brown S.** Monitoring positive mental health in Scotland: validating the Affectometer 2 scale and developing the Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale for the UK. Edinburgh: NHS Health Scotland, 2006. 99 p.

Полученная эмпирическая модель позволит, что ценно в реалиях прикладной работы психолога и спортивного врача, акцентировать, сэкономив время, направления психологической реабилитации и обучающих интервенций. Известно множество направлений работы психолога с травмированными спортсменами [17], однако, по мнению авторов, именно адекватно сфокусированная первичная беседа и соотнесение данных тестирования с описанной моделью или ее будущими модификациями позволят быстрее и эффективнее всего купировать основные риски, такие как навязчивый страх рецидива травмы, снизить тревогу, купировать острый стресс и установить доверительный контакт между спортсменом, психологом, лечащим врачом и тренером. Именно сплоченная «группа поддержки», взаимное доверие специалистов и психологическое благополучие спортсмена вкупе с его мотивацией к выздоровлению становятся залогом эффективной реабилитации.

#### References

1. **Bochaver KA, Dovzhik LM.** Sovladayushchee povedenie v professionalnom sporte: fenomenologiya i diagnostika. Klinicheskaja i specialnaya psihologiya. 2016;5(1):1-18. DOI:10.17759/cpse.2016050101. Russian.
2. **Dovzhik LM.** Uyti ili ostatsya? Trudnosti perehodnogo perioda mezhdun yunosheskim i vzroslym sportom. Aktualnye problem psihologicheskogo znaniya. 2017;42(1):40-55. Russian.
3. **Hanin YL.** Emotions in Sport: current issues and perspectives. Handbook of sport psychology (3-d ed.). Hoboken, NJ: Wiley, 2007:31-58.
4. **Stambulova N.** Athletes' transitions in sport and life: positioning new research trends within the existing system of athlete career knowledge. Routledge International Handbook of Sport Psychology, Routledge, 2016:519-34.
5. **Ivarsson A, Johnson U, Andersen MB, Tranaeus U, Stenling A, Lindwall M.** Psychosocial factors and sport injuries: meta-analyses for prediction and prevention. Sports medicine. 2017;47(2):353-65. DOI: 10.1007/s40279-016-0578-x.
6. **Ivarsson A, Tranaeus U, Johnson U, Stenling A.** Negative psychological responses of injury and rehabilitation adherence effects on return to play in competitive athletes: a systematic review and meta-analysis. Open access journal of sports medicine. 2017;8(27):27-32. DOI: 10.2147/OAJSM.S112688.
7. **Amirkhan JH.** A factor analytically derived measure of coping: The Coping Strategy Indicator. Journal of personality and social psychology. 1990;59(5):1066-74. DOI: 10.1037/0022-3514.59.5.1066.
8. **Leontev DA, Rasskazova EI.** Test zhiznestoykosti. Moscow, Smysl, 2006. 63 p. Russian.
9. **Thompson ER.** Development and validation of an internationally reliable short-form of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). Journal of Cross-Cultural Psychology. 2007; 38(2):227-42. DOI: 10.1177/0022022106297301.
10. **Tennant R, Fishwick R, Platt S, Joseph S, Stewart-Brown S.** Monitoring positive mental health in Scotland: validating the Affectometer 2 scale and developing the Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale for the UK. Edinburgh, NHS Health Scotland, 2006. 99 p.



11. **Smith RE, Schutz R, Smoll F, Ptacek J.** Development and validation of a multidimensional measure of sport-specific psychological skills: The Athletic Coping Skills Inventory-28 // Journal of sport and exercise psychology. 1995. Vol.17. P. 379-98. DOI: 10.1123/jsep.17.4.379.

12. **Бажин Е.Ф., Голынкина С.А., Эткинд А.М.** Метод исследования уровня субъективного контроля // Психологический журнал. 1984. Т.5, №3. С. 32-44.

13. **Bhattacharya A, Dunson DB.** Sparse Bayesian infinite factor models // Biometrika. 2011. Vol.98. P. 291-306. DOI: 10.1093/biomet/asr013.

14. **Ovaskainen O, Tikhonov G, Norberg A, Blanchet FG, Duan L, Dunson D, Roslin T, Abrego N.** How to make more out of community data? A conceptual framework and its implementation as models and software // Ecology Letters. 2017. Vol.20. P. 561-76. DOI: 10.1111/ele.12757.

15. **Харламенкова Е.Н.** Избегание как признак посттравматического стресса и как стиль совладания // Сборник материалов IV Международной научной конференции «Психология стресса и совладающего поведения: ресурсы, здоровье, развитие» в 2 т. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2016. Т.1. С. 168-71.

16. **Tedeschi RG, Calhoun LG.** Posttraumatic Growth: Conceptual Foundations and Empirical Evidence // Psychological Inquiry. 2004. Vol.15, №1. P. 1-18. DOI: 10.1207/s15327965pli1501\_01.

17. **Arvinen-Barrow M, Walker N.** The psychology of sport injury and rehabilitation. Routledge, New-York, 2013. 209 p.

11. **Smith RE, Schutz R, Smoll F, Ptacek J.** Development and validation of a multidimensional measure of sport-specific psychological skills: The Athletic Coping Skills Inventory-28. Journal of sport and exercise psychology. 1995;17:379-398. DOI: 10.1123/jsep.17.4.379.

12. **Bazhin EF, Golyunkina SA, Jetkind AM.** Metod issledovaniya urovnya subektivnogo kontrolya. Psihologicheskiy zhurnal. 1884;5(3):32-44. Russian.

13. **Bhattacharya A, Dunson DB.** Sparse Bayesian infinite factor models. Biometrika. 2011;98:291-306. DOI: 10.1093/biomet/asr013.

14. **Ovaskainen O, Tikhonov G, Norberg A, Blanchet FG, Duan L, Dunson D, Roslin T, Abrego N.** How to make more out of community data? A conceptual framework and its implementation as models and software. Ecology Letters. 2017;20:561-76. DOI: 10.1111/ele.12757.

15. **Harlamenkova EN.** Izbeganie kak priznak posttravmaticheskogo stressa i kak stil sovladaniya. Psihologiya stressa i sovladayushchego povedeniya: resursy, zdorove, razvitie: (Materials of the IV International scientific conference), Kostroma, KGU im. N.A. Nekrasova, 2016. Vol.1. P. 168-71. Russian.

16. **Tedeschi RG, Calhoun LG.** Posttraumatic Growth: Conceptual Foundations and Empirical Evidence. Psychological Inquiry. 2004;15(1):1-18. DOI: 10.1207/s15327965pli1501\_01.

17. **Arvinen-Barrow M., Walker N.** The psychology of sport injury and rehabilitation. Routledge, New-York, 2013. 209 p.

#### Сведения об авторах:

**Довжик Лидия Михайловна**, аспирант кафедры дифференциальной психологии и психофизиологии факультета клинической и специальной психологии Московского городского психолого-педагогического университета Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0003-1039-4640

**Тихонов Глеб Николаевич**, аспирант факультета биологических наук и наук об окружающей среде Университета Хельсинки. ORCID ID: 0000-0003-3040-0307

**Бочавер Константин Алексеевич**, заведующий лабораторией «Психология спорта» НОЧУ ВО «Московского института психоанализа», психолог сборной России по скалолазанию, к.п.н. ORCID ID: 0000-0002-4976-2271 (+7 (926) 989-38-06, konstantin.bochaver@gmail.com)

#### Information about the authors:

**Lydiya M. Dovzhik**, Postgraduate Student of the Department of Differential Psychology and Psychophysiology of the Faculty of Clinical and Special Psychology of the Moscow State University of Psychology and Education. ORCID ID: 0000-0003-1039-4640

**Gleb N. Tikhonov**, Postgraduate Student of the Faculty of Biological and Environmental Sciences of the University of Helsinki. ORCID ID: 0000-0003-3040-0307.

**Konstantin A. Bochaver**, Ph.D. (Psychology), Head of the Laboratory «Sport.Psy.Lab» of the Moscow Institute of Psychoanalysis, Psychologist of the Russian Climbing Team. ORCID ID: 0000-0002-4976-2271 (+7 (926) 989-38-06, konstantin.bochaver@gmail.com)

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

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

Поступила в редакцию: 16.05.2018

Принята к публикации: 29.05.2018

Received: 16 May 2018

Accepted: 29 May 2018



DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.81

УДК: 613.2.038; 613.24; 613.27

## Особенности питания спортсменов силовых видов спорта

*Н.Н. Денисова, А.В. Погожева, Э.Э. Кешабянц*

*ФГБУН Федеральное исследовательское центр питания, биотехнологии и безопасности пищи,  
Федеральное агентство научных организаций РФ, г. Москва, Россия*

### РЕЗЮМЕ

Скоростно-силовые виды спорта отличаются от других видов спорта короткой по времени и очень интенсивной физической деятельностью. В обзоре дан литературный анализ влияния пищевых веществ на метаболические процессы, происходящие при занятии этими видами спорта. Во время тренировок спортсменов преобладают в основном анаэробные механизмы обеспечения мышечной работы, поэтому в питании спортсменов основной акцент делается на потребление продуктов с высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот. Показаны общие принципы построения пищевого рациона спортсменов, который должен соответствовать основам оптимального питания, зависеть от периода спортивной деятельности (тренировка, соревнование, восстановление), длительности и интенсивности физических нагрузок и др. На основании результатов исследований последних лет, опубликованных отечественными и зарубежными авторами, приводится обоснование энергетической ценности, химического состава рациона (содержания белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов) и сформулированы особенности формирования рационов питания и питьевого режима для высококвалифицированных спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта.

**Ключевые слова:** силовые виды спорта, питание спортсменов

**Для цитирования:** Денисова Н.Н., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э. Особенности питания спортсменов силовых видов спорта // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 81-87. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.81.

## Nutritional habits of athletes in speed-and-strength sports

*Natalia N. Denisova, Alla V. Pogozheva, Evelina E. Keshabyants*

*Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia*

### ABSTRACT

Speed-and-strength sports differ from other sports because of its short time and very intense physical activity. The review provides a literature analysis of the effect of nutrients on the metabolic processes that occur during the occupation of these sports. During the training of athletes generally anaerobic mechanisms of muscular work dominate, so the nutrition of athletes focuses on the consumption of foods with high protein content and essential amino acids. The article describes general principles of diet constructing for athletes that should correspond to the basics of optimal nutrition, depend on the period of sport activity (training, competition, recovery), the duration and intensity of physical exertion, etc. Based on the results of recent studies published by domestic and foreign authors, the substantiation of the energy value and the chemical composition of the diet (the content of proteins, fats, carbohydrates, vitamins, macro- and microelements), as well as the formation of diets and drinking regime for highly skilled athletes involved in speed-and-strength sports is given.

**Key words:** speed-and-strength sports, nutrition of athletes

**For citation:** Denisova NN, Pogozheva AV, Keshabyants EE. Nutritional habits of athletes in speed-and-strength sports. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):81-87. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.81.

Основной задачей питания является оптимальное и своевременное восполнение энергетических затрат, а также пластических и биологически активных веществ, активно расходуемых в процессе интенсивной мышечной деятельности, поэтому питание спортсменов должно быть четко дифференцировано в зависимости от вида спорта и этапа подготовки спортсмена [1-3].

В группу силовых видов спорта входят тяжелая атлетика и силовое троеборье. В группу скоростно-силовых видов спорта входят спринтерские виды спорта, а также некоторые легкоатлетические виды спорта (метание диска, копья и молота, толкание ядра). Внутри самой группы, однако, имеются некоторые различия, которые стоит иметь в виду [2, 3].

Отличительной особенностью скоростно-силовых видов спорта является взрывная сила, короткая по времени и очень интенсивная физическая деятельность. Главной функциональной системой является нервномышечный аппарат, обеспечивающей кардиореспираторная система [4].

Среди механизмов энергообеспечения мышечной деятельности во время тренировок спортсменов силовых видов спорта преобладают в основном анаэробные – гликогенолиз и гликолиз. Именно поэтому в питании спортсменов скоростно-силовых видов спорта основной акцент делается на потребление продуктов с высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, а не углеводов, как для спортсменов тех видов

спорта, для которых более важной является выносливость [2, 5].

Силовая тренировка оказывает влияние на организм спортсмена: изменения гормонального фона (в ответ на высокоинтенсивную силовую тренировку происходит выброс гормона роста, тестостерона, кортикостероидов, кортизола), чувствительности мышц к циркулирующим гормонам и факторам роста, что приводит к специфическим изменениям в синтезе белка и увеличению мышечной массы [6, 7].

Силовое воздействие отражается и на состоянии костной системы: с ростом мышечной силы возрастают и нагрузки, что является стимулом для новых костных формирований, хотя такие изменения и требуют длительного времени. Изменения, происходящие в различных органах и тканях в ответ на физическую нагрузку, носят фазовый характер. В связи с этим тренировочную программу обычно строят по принципу микроциклов длительностью 3-5 дней [8-10].

Различают несколько категорий силовых упражнений: изометрические (статические, характеризующиеся постоянной длиной мышцы), изокинетические (сокращение мышцы с фиксированной скоростью или с изменяющимся сопротивлением и требуют, как правило, специального оборудования) и наиболее распространенные изотонические упражнения (сокращение мышцы с постоянной нагрузкой в виде свободного веса или тренажера) [7,11].

В изотоническом режиме у работающих мышц существуют две разновидности: преодолевающий режим (концентрический) и уступающий (эксцентрический). Согласно литературным данным, сочетание концентрического и эксцентрического режимов работы мышц более благоприятно для развития силы, чем применение только концентрических усилий [10-12]. Для развития максимальной изометрической силы на тренировках используются силовые усилия, составляющие 70-100% от максимального изометрического усилия. Для тренировки взрывной силы используют усилия порядка 40-70% от максимальных [9, 11].

Для повышения эффективности силовой тренировки рацион спортсменов должен удовлетворять энергетические потребности физической деятельности и обеспечивать необходимые нутриенты. Среднесуточная калорийность питания спортсменов силовых видов спорта должна составлять 3500-4500 ккал для мужчин (70 кг) и 3000-4000 ккал для женщин (60 кг) [10, 11]. По другим данным энергетическая ценность рациона мужчин в силовых видах спорта должна составлять 4200-5100 ккал в период интенсивных тренировок и набора массы тела при соотношении Б:Ж:У = 18-20%: 31-32%: 49-50% [2,3,11].

По мнению многих отечественных ученых, ежедневное потребление белка спортсменами силовых видов спорта должно составлять 2,3-2,9 г/кг массы тела [2,8,13]. Однако многие зарубежные ученые полагают, что коли-

чество белка не должно превышать 2,0 г/кг массы тела. Так, например, Lemon считает, что суточное потребление белка спортсменами силовых видов спорта должно составлять 1,4-1,7 г/кг массы [14].

В тоже время существует мнение, что количество белка в рационе спортсменов силовых видов спорта, в частности штангистов, должно составлять 1,4-2,0 г/кг массы тела. При этом в рационе обязательно присутствие продуктов, являющихся источниками полноценных легкоусвояемых белков преимущественно животного происхождения в количестве 55-65% [5, 13, 15].

Тех же принципов питания придерживаются спортсмены-тяжелоатлеты. В проводимых исследованиях культуристы-юниоры получали диеты с уровнем белка от 1,05 до 2,62 г/кг массы тела. При этом оказалось, что положительный баланс азота достигается уже при 1,4-1,5 г/кг/день, что менее чем на 50% превышает потребность в белке для лиц, не занимающихся спортом [4]. У профессиональных спортсменов, тренирующихся многие годы и хорошо адаптированных к необходимости поддерживать избыток мышечной массы, потребность в белке лишь слегка превышает базовую норму потребности. Так, большинство штангистов потребляют не менее 1,2-3,5 г/кг массы тела белка. При этом большинство белка поступает за счет специальных белковых добавок в виде чистого белка или концентратов [5, 16, 17].

Потребность в белке при силовых нагрузках складывается из двух компонентов: потребности для поддержания азотистого баланса и для наращивания мышечной массы, которое обеспечивается только при положительном азотистом балансе. У хорошо тренированных штангистов положительный азотистый баланс при любой физической нагрузке обеспечивается при поступлении белка в количестве 1,5г/кг массы тела. Более высокие уровни не дают никаких дополнительных преимуществ ни в величине ретенции азота и белка в организме, ни в спортивных результатах [2, 6, 10, 17]. По-видимому, причины этого явления лежат в природе системы осуществления синтеза белка в организме вообще и в мышцах в частности.

Таким образом, высокобелковое питание спортсменов, помимо эффекта создания психологического «комфорта» в ходе тренировок, имеет ограничения в связи с возможным риском усиления катаболических процессов. Это диктует необходимость контроля за потреблением белка даже у этих спортсменов (не более 1,6-1,7 г/кг массы тела) [11, 14, 18].

Для сохранения и наращивания мышечной массы тяжелоатлетам рекомендуется потреблять белка в количестве 1,4-1,8 г/кг тела в день. В то же время при очень интенсивных нагрузках иногда рекомендуется до 2,2-2,9 г белка на кг массы тела. При этом потребность в белке должна рассчитываться индивидуально с учетом двигательной активности и массы тела [2, 5, 11, 13, 15, 17, 18].

Следует учитывать, что обмен белка тесно связан с обменом других нутриентов, в частности калия, каль-

ция и некоторых витаминов [19, 20]. При содержании белка в рационе <2,0 г/кг в организме резко возрастает потеря калия и кальция, что отрицательно сказывается на здоровье спортсменов и их спортивных результатах. При снижении потребления белка отмечается повышение суточной экскреции с мочой некоторых витаминов (С, В1, В2, В6, РР) и их метаболитов, несмотря на адекватное поступление их с пищей [17, 19, 21].

Учитывая, что в организме спортсменов во время выполнения ими значительной мышечной работы (тренировки и соревнования) происходит усиленный распад белков, пища в восстановительном периоде должна содержать достаточное количество легкоусвояемого белка. При этом белки животного происхождения должны составлять 55-70% от общего их количества в рационе [22]. Для ускорения синтеза мышечных белков и увеличения мышечной силы пища в период подготовки спортсмена к соревнованию должна содержать все незаменимые аминокислоты в оптимальных соотношениях [6, 11, 14].

Жиры выполняют энергетическую функцию, входят в состав клеточных мембран, гормонов и ферментов, катализирующих ключевые реакции обмена веществ в организме. Жиры являются основным источником энергии, вырабатываемой аэробным путем и расходуемой при физической нагрузке легкой и умеренной интенсивности. Для силовых видов спорта жир не является основным источником энергии, однако его потребление может достигать до 30% суточной калорийности рациона (1,8–2,2 г/кг массы в день) [2, 11, 13]. При этом большую его часть (не менее 2/3) должны составлять ненасыщенные жирные кислоты, а насыщенные жиры – не более чем 10% общей калорийности потребляемой пищи [5, 11, 14, 22].

Избыточное потребление жира при низком содержании в рационе спортсменов углеводов может стать причиной образования кетоновых тел (ацетон, ацетоуксусная и ацетомасляная кислоты и др.), обнаруживаемых в моче во время больших физических нагрузок и нервно-эмоционального напряжения [23, 24]. Вместе с тем не рекомендуется снижать долю жира в рационе ниже 15% по калорийности, так как это затрудняет получение спортсменом энергии в оптимальном количестве, а также уменьшает запасы внутримышечных триглицеридов, являющихся источником энергии при низкой интенсивности мышечной нагрузки [21, 23]. Диета с высоким содержанием жира (от 25 до 45 г), применяемая за 1-4 часа до интенсивной тренировки, приводит к его лучшему использованию и более экономному расходованию углеводов во время упражнения. Усиленному окислению жиров способствует предварительное введение L-карнитина (в дозе до 1-5 г), участвующего в транспорте жирных кислот через мембраны митохондрий [2, 20, 26-28].

В зависимости от тренировочного режима, потребление энергии за счет углеводов у спортсменов силовых видов спорта должно составлять 60-70%, но не менее 50%

от общей калорийности рациона [1, 5, 12, 18]. Углеводы с умеренным или высоким гликемическим индексом рекомендуется употреблять в первые 6-24 часа после физической нагрузки для быстрого восполнения запасов гликогена. В более поздние сроки после нагрузки для восполнения запасов гликогена необходимы сложные углеводы с низким гликемическим индексом [16, 18, 21].

Пища спортсмена перед тренировкой (за 3-4 часа) выполняет функцию поддержания уровня глюкозы в крови перед предполагаемой нагрузкой. Она должна быть высокоуглеводной (8-10 г/кг массы тела) и нежирной (не более 25% жира по калорийности), что позволяет к моменту соревнования прийти с опорожненным желудком и повышенным уровнем гликогена в печени и мышцах и глюкозы крови [2, 16, 21].

Чем ближе по времени прием пищи к моменту соревнований, тем он должен быть меньше по объему: за 4 ч до соревнований рекомендуется потребление 4 г/кг углеводов, за 1 ч – 1 г/кг [8, 11, 15].

При этом следует учитывать, что прием более 1,5 г углеводов на 1 кг массы тела не увеличивает синтез гликогена, но может привести к отрицательным явлениям со стороны желудочно-кишечного тракта, в частности к возникновению тошноты и диареи [3, 16].

При занятиях силовыми видами спорта может возрастать потребность в ряде витаминов и минеральных веществ, что обусловлено значительными нервно-эмоциональными и физическими нагрузками, повышающим интенсивность обмена веществ, их усиленным расходом на обеспечение обмена белка, который в повышенном количестве поступает с пищей. Тем не менее, потребление витаминов и минеральных веществ выше рекомендуемых норм не улучшает работоспособность спортсмена [19, 21]. Нехватка витаминов или минералов может негативно влиять на работоспособность [3, 12, 21, 27].

Однако обоснованных норм рекомендуемого потребления витаминов для спортсменов до сих пор не существует [3, 11, 19]. Многие исследователи пришли к выводу, что применение повышенных доз витаминов и минералов у спортсменов, исходно адекватно обеспеченных этими микронутриентами, не оказывает заметного влияния на физическую силу, выносливость, эффективность тренировок, скорость восстановления после нагрузки [3, 21, 23].

Способы и схемы применения витаминов в спорте достаточно разнообразны. Полагают, что прием витаминов в виде фармакологических средств следует проводить преимущественно в подготовительном периоде макроцикла, а в соревновательном – существенно сокращать прием и индивидуализировать его по показаниям для каждого спортсмена отдельно [3, 19, 21, 28].

В целом, предпочтение в настоящее время отдается стратегии правильного подбора пищевых продуктов по сравнению с использованием витаминно-минеральных комплексов [2, 5, 10, 12, 21, 29].

Спортсменам, занимающимся силовыми видами спорта, необходимо помнить о важности восполнения

запасов воды, теряемых организмом в процессе выполнения упражнений. При длительных силовых нагрузках потери жидкости при их последующем невосполнении ведут к снижению уровня физической работоспособности спортсменов за счет нарушения аэробного метаболизма и ухудшения энергообеспечения [30-33].

Ионы натрия, калия и хлора – основные электролиты, которые выводятся из организма с потом. Для восполнения потерь этих минеральных веществ после нагрузки необходимо обеспечить полное восстановление баланса жидкости в организме, используя воду с добавлением поваренной соли или углеводно-электролитные напитки [16, 21, 34-36].

Данные, характеризующие потребности в основных пищевых веществах и энергии у спортсменов, специализирующихся в некоторых силовых видах спорта, представлены в таблице [13].

Таким образом, можно сделать следующие выводы относительно питания спортсменов силовых видов спорта:

1. Потребность организма спортсмена в энергии должна полностью удовлетворяться источниками небелковой природы с учетом энерготрат.

2. Пища должна содержать повышенное (до 15-30%) количество полноценных и легкоусвояемых белков преимущественно животного происхождения с целью оптимизации условий для синтеза белка.

3. Кратность приемов пищи, богатой белком, должна быть не менее 5 раз в день. При этом должны создаваться оптимальные условия для усвоения белкового компонента пищи.

4. Необходимо повышенное потребление витаминов группы В (В1, В2, В6, РР) и С, которые способствуют обмену белков и накоплению мышечной массы.

5. После нагрузки необходимо обеспечивать полное восстановление баланса жидкости в организме, желательно используя углеводно-электролитные напитки.

Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы поисковых научных исследований (тема № 0529-2017-0053).

Таблица

**Потребности в основных пищевых веществах у спортсменов, специализирующихся в силовых видах спорта**

Table

**Requirements for the major nutrients in athletes, specializing in strength sports**

Суточная потребность, мг/ Daily requirement, mg	Виды спорта/kinds of sports	
	Легкая атлетика (спринтерский бег, барьерный бег, прыжки)/ Track and field athletics (sprinting, barrier jogging, jumping)	Тяжелая атлетика, метания/ Weightlifting, throwing
Энергетическая ценность рациона (ккал/кг)/ Energy value (kcal/kg)	62-67	66-67
Белки (г/кг)/Proteins(g/kg)	2,3-2,5	2,5-2,9
Жиры (г/кг)/Fats(g/kg)	1,8-2,0	1,8-2,0
Углеводы (г/кг) Carbohydrates (g/kg)	9,0-9,8	10,0-11,8
<b>Витамины/Vitamins:</b>		
С (мг)/(mg)	150-200	175-210
В1 (мг)/(mg)	2,8-3,6	2,5-4,0
В2 (мг)/(mg)	3,6-4,2	4,0-5,5
В3 (мг)/(mg)	18	20
В6 (мг)/(mg)	5-8	7-10
В9 (мкг)/(mkg)	400-500	450-600
В12 (мкг)/(mkg)	0,004-0,008	0,004-0,009
РР (мг)/(mg)	30-36	25-45
А (мг)/(mg)	2,5-3,5	2,8-3,8
Е (мг)/(mg)	22-26	20-35
<b>Минеральные вещества/Minerals:</b>		
Кальций (г)/Calcium(g)	1,2-2,1	2,0-2,4
Фосфор(г)/Phosphorus(g)	1,5-2,5	2,5-3,0
Железо (мг)/Iron(mg)	25-40	20-35
Магний (г)/Magnesium(g)	0,5-0,7	0,5-0,7
Калий (г)/Potassium(g)	4,5-5,5	4,0-6,5



**Список литературы**

1. **Нормы** физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2438-08.
2. **Тутельян В.А., Гаппаров М.М., Батурич А.К., Никитюк Д.Б., Ордзоникидзе З.Г., Поздняков А.Л.** О роли индивидуализации питания в спорте высших достижений // Вопросы питания. 2011. Т.80, №5. С. 78-82.
3. **Воробьева В.М., Шатнюк Л.Н., Воробьева И.С., Михеева Г.А., Муравьева Н.Н., Зорина Е.Е., Никитюк Д.Б.** Роль факторов питания при интенсивных физических нагрузках спортсменов // Вопросы питания. 2011. Т.80, №1. С. 70-7.
4. **Трушина Э.Н., Гаппарова К.М., Мустафина О.К., Чехонина Ю.Г., Никитюк Д.Б., Кузнецов В.Д.** Состояние питания и клеточный иммунитет у спортсменов-тяжелотлетов // Вопросы питания. 2012. Т.81, №3. С. 92-6.
5. **Могильный М.П., Тутельян В.А.** Особенности организации питания спортсменов // Вопросы питания. 2015. Т.84, №3. С. 42.
6. **Yvert T, Miyamoto-Mikami E, Murakami H, Miyachi M, Kawahara T, Fuku N.** Lack of replication of associations between multiple genetic polymorphisms and endurance athlete status in Japanese population // *Physiol Rep*. 2016. Vol.4, №2. Pii: el3003. Epub 2016 Oct 24.
7. **Волков Н.И., Олейников В.И.** Биоэнергетика спорта. М.: Советский спорт, 2011. 160 с.
8. **Арансон М.В.** Питание для спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 2011. 215 с.
9. **Михайлов С.С.** Спортивная биохимия: учебник для вузов и колледжей физической культуры. М.: Советский спорт, 2010. 348 с.
10. **Кулиненко О.С.** Фармакология спорта. М.: Советский спорт, 2011. 192 с.
11. **Мартинчик А.Н.** Функции питания в спорте: проблемы и пути реализации // *Медицина и спорт*. 2004. №1. С. 13-6.
12. **Борисова О.О.** Питание спортсменов. М.: Советский спорт, 2007. 132 с.
13. **Олейник С.А.** Спортивная фармакология и диетология. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. 256 с.
14. **Lemon PW.** Effects of Exercise on Protein Metabolism // *Nutrition in Sport* /Maughan, R.M. (Ed). Blackwell Science Ltd., 2000. P. 53-70.
15. **Williams MH.** Nutrition for Health, Fitness and Sport. 7-th ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. 247 p.
16. **Азизбекян Г.А., Абрамова М.А., Зилова И.С., Гаппарова К.М., Поздняков А.Л., Никитюк Д.Б.** Медико-биологический подход к разработке рационов питания спортсменов-членов женской сборной России по тяжелой атлетике // Вопросы питания. 2012. Т.81, № 2. С. 68-72.
17. **Jager R, Campbell B, Kalman D, Antonio J.** International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise // *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017. №14. P. 20.
18. **Andersen JL.** Muscle, genes and athletic performance // *Sci. Am*. 2000. Vol. 283. P. 48-55.
19. **Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Никитюк Д.Б.** Витамины в питании спортсменов // Вопросы питания. 2009. Т.78, №3. С. 67-77.
20. **Еликов А.В., Галастян А.Г.** Антиоксидантный статус у спортсменов при выполнении дозированной физической нагрузки и в восстановительном периоде // Вопросы питания. 2017. Т.86, №2. С. 23-31.

**References**

1. **Norms** of Physiological Needs for Energy and Food Substances for Different Populations of the Russian Federation. MR 2.3.1.2438-08. Russian.
2. **Tutelyan VA, Gapparov MM, Baturin AK, Nikityuk DB, Ordzhonikidze ZG, Pozdnyakov AL.** On the role of individualization of nutrition in the sport of higher achievements. *Problems of nutrition* .2011;80(5):78-82.
3. **Vorobyeva VM, Shatnyuk LN, Vorobyova IS, Mikheeva GA, Muraveva NN, Zorina EE, Nikityuk DB.** The role of nutritional factors in the case of intensive physical exertion of athletes. *Problems of nutrition*. 2011;80(1):70-7. Russian.
4. **Trushina EN, Gapparova KM, Mustafina OK, Chekhonina YG, Nikityuk DB, Kuznetsov VD.** Nutrition and cellular immunity in athletes-weightlifting. *Problems of nutrition*. 2012;81(3):92-6. Russian.
5. **Mogilny MP, Tutelyan BA.** Features of the organization of nutrition of athletes. *Problems of Nutrition*. 2015;84(3):42. Russian.
6. **Yvert T, Miyamoto-Mikami E, Murakami H, Miyachi M, Kawahara T, Fuku N.** Lack of replication of associations between multiple genetic polymorphisms and endurance athlete status in Japanese population. *Physiol Rep*. 2016;4(20). Pii: el3003. Epub 2016 Oct 24.
7. **Volkov NI, Oleynikov VI.** Bioenergy of sports. Moscow, Soviet sport, 2011. 160 p. Russian.
8. **Aranson MV.** Nutrition for athletes. Moscow, Fizkulturai sport, 2011. 215 p. Russian.
9. **Mikhailov SS.** Sport Biochemistry: a textbook for universities and colleges physical education. Moscow, Soviet sport, 2010. 348 p. Russian.
10. **Kulinenkov OS.** Pharmacology of sport. Moscow, Soviet sport, 2011. 192 p. Russian.
11. **Martinchik AN.** Functions nutrition in sport: problems and ways of implementation. *Sports medicine*. 2004;1:13-6. Russian.
12. **Borisova OO.** Nutrition for athletes. M., Soviet sport, 2007. 132 p. Russian.
13. **Oleynik SA.** Sports Medicine and dietetics. M., ООО «ID Williams», 2008. 256 p. Russian.
14. **Lemon PW.** Effects of Exercise on Protein Metabolism. *Nutrition in Sport*. Maughan, R.M. (Ed.). Blackwell Science Ltd., 2000. P. 53-70.
15. **Williams MH.** Nutrition for Health, Fitness and Sport. 7-th ed. Boston, McGraw-Hill, 2005. 247 p.
16. **Azizbekyan GA, Abramova MA, Zilova IS, Gapparova KM, Pozdnyakov AL, Nikityuk DB.** Medico-biological approach to design diets athletes members of the women's national weightlifting Championships. *Problems of nutrition*. 2012;81(2):68-72. Russian.
17. **Jager R, Campbell B, Kalman D, Antonio J.** International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;(4):20.
18. **Andersen JL, Schjerling P, Saltin B.** Muscle, genes and athletic performance. *Sci. Am*. 2000; 28(3):48-55.
19. **Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Nikityuk DB.** Vitamins in the diet of athletes. *Problems of nutrition*. 2009;78(3): 67-77. Russian.
20. **Elikov AV, Galastjan AG.** Antioxidant status in athletes when performing proportionate physical load and recovery period. *Problems of nutrition*.2017;86(2):23-31. Russian.

21. **Дзгоева Ф.Х.** Питание при занятиях спортом // Ожирение и метаболизм. 2013. Т.2, №35. С. 49-53.
22. **Minevich J, Olson MA, Mannion JP, Boublik JH, Mcpherson JO, Lowery RP.** Digestive enzymes reduce quality differences between plant and animal proteins: an double-blind crossover study // J Int Soc Sports Nutr. 2015. Vol.12, №1. P. 26.
23. **Kuo M, Eckel R.** Intramuscular triglyceride synthesis – importance in partitioning muscle lipids in humans // Am J Physiol Endocrinol Metab. 2017. P. 3.
24. **Jeukendrup A.** Sport nutrition: an introduction to energy production and performance. M. Gleeson. 2-nd ed. Illinois: Human Kinetics, 2010. 475 p.
25. **Kephart WC, Pledge CD, Roberson PA, Mumford PW, Romero MA, Mobley CB.** The Three-Month Effects of a Ketogenic Diet on Body Composition, Blood Parameters, and Performance Metrics in CrossFit Trainees: A Pilot Study // Sports. 2018. Vol.6, №1. P. 1. DOI: 10.3390/sports6010001.
26. **Раджабкдиев Р.М., Коростелева М.М., Евстратова В.С., Никитюк Д.Б., Ханферян Р.А.** L-карнитин: свойства и перспективы применения в спортивной практике // Вопросы питания. 2015. Т.84, №3. С. 4-12.
27. **Гаврилова Н.Б., Щетинин Н.П., Молибога Е.А.** Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов // Вопросы питания. 2017. Т.86, №2. С. 100-6.
28. **Сейфулла Р.Д., Орджоникидзе З.Г., Орджоникидзе Г.З.** Лекарства и БАД в спорте: практическое руководство для спортивных врачей, тренеров и спортсменов. М.: Литтера, 2003. 320 с.
29. **Munoz D, Barrientos G, Alves J, Grijota FJ, Robles MC, Maynar M.** Oxidative stress, lipid peroxidation indexes and antioxidant vitamins in long and middle distance athletes during a sport season // J Sports Med Phys Fitness. 2017. P. 24.
30. **Курашвили В.А.** Проблема гидратации у элитных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. №1. С. 14-21.
31. **Новокшанова А.Л., Ожиганова Е.В.** Спортивные напитки: регидратация организма как жизненно важный аспект // Вопросы питания. 2013. Т.82, №6. С. 67-70.
32. **Мирошников А.Б., Тарасов А.В.** Гидратация во время физической активности // Терапевт. 2016. №5. С. 25-27.
33. **Мартинчик А.Н., Баева В.С., Пескова Е.В., Кудрявцева К.В., Денисова Н.Н., Лавриненко С.В., Камбаров А.О., Бадтиева В.А., Никитюк Д.Б.** Фактическое потребление жидкости спортсменами высокой квалификации в режиме тренировочного процесса // Вопросы питания. 2018. Т.87, №3. С. 36-44. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10029.
34. **Desbrow B, Jansen S, Barrett A, Leveritt MD, Irwin C.** Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a carbohydrate-electrolyte beverage // Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2014. Vol.39, №12. P. 1366-72. DOI: 10.1139/apnm20140174.
35. **Pelly FE, Burkhart SJ, Dunn P.** Factors influencing food choice of athletes at international competition events // Appetite. 2017. №121. P. 173-8.
36. **Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health: An A-Z Guide.** Burke Routledge, 2015. 426 p.
21. **Dzgoeva FH.** Nutrition when playing sports. Obesity and metabolism. 2013;2(35):49-53. Russian.
22. **Minevich J, Olson MA, Mannion JP, Boublik JH, Mcpherson JO, Lowery RP, et al.** Digestive enzymes reduce quality differences between plant and animal proteins: an double-blind crossover study. J Int Soc Sports Nutr. 2015;12(1):26.
23. **Kuo M, Eckel R.** Intramuscular triglyceride synthesis - importance in partitioning muscle lipids in humans. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2017:3.
24. **Jeukendrup A.** Sport nutrition: an introduction to energy production and performance. Gleeson. 2nd ed. Illinois, Human Kinetics, 2010. 475 p.
25. **Kephart WC, Pledge CD, Roberson PA, Mumford PW, Romero MA, Mobley CB.** The Three-Month Effects of a Ketogenic Diet on Body Composition, Blood Parameters, and Performance Metrics in CrossFit Trainees: A Pilot Study. Sports 2018;6(1):1. DOI: 10.3390/sports6010001.
26. **Radzhabkadiy RM, Korosteleva MM, Evstratova VS, Nikityuk DB, Hanferjan RA.** L-carnitine: properties and prospects of application in sports practice. Problems of nutrition. 2015;84(3):4-12. Russian.
27. **Gavrilova NB, Shchetinin NP, Moliboga EA.** Current state and prospects of development of specialized products for the food nutrition athletes. Problems of nutrition. 2017;86(2):100-6. Russian.
28. **Seyfulla RD, Ordzhonikidze ZG, Ordzhonikidze GZ.** Medicines and dietary supplements in sports: a practical guide for sports doctors, coaches and athletes. Moscow, Littera, 2003. 320 p. Russian.
29. **Munoz D, Barrientos G, Alves J, Grijota FJ, Robles MC, Maynar M.** Oxidative stress, lipid peroxidation indexes and antioxidant vitamins in long and middle distance athletes during a sport season. J Sports Med Phys Fitness. 2017:24.
30. **Kurashvili VA.** The problem of hydration in elite athletes. Sports medicine: science and practice. 2015;1:14-21. Russian.
31. **Novokshanova AL, Ozhiganova EV.** Sports drinks: rehydration as vitally important aspect. Problems of nutrition. 2013;82(6):67-70. Russian.
32. **Miroshnikov AB, Tarasov AV.** Hydration during physical activity. Therapist. 2016;(5):25-7. Russian.
33. **Martinchik AN, Baeva VS, Peskova EV, Kudryavtseva KV, Denisova NN, Lavrinenko SV, Kambarov AO, Badtieva VA, Nikitiuk DB.** The actual fluid intake by athletes of high qualification in the training process mode. Problems of nutrition. 2018;87(3):36-44. DOI: 10.24411 / 0042-8833-2018-10029. Russian.
34. **Desbrow B, Jansen S, Barrett A, Leveritt MD, Irwin C.** Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a carbohydrate-electrolyte beverage. Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2014;39(12):1366-72. DOI: 10.1139 / apnm20140174.
35. **Pelly FE, Burkhart SJ, Dunn P.** Factors influencing food choice of athletes at international competition events. Appetite. 2017;121:173-8.
36. **Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health: An A-Z Guide.** Burke Routledge, 2015. 426 p.

**Сведения об авторах:**

**Денисова Наталья Николаевна**, научный сотрудник эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-7664-2523 (+7 (985) 280-40-75, denisova-55@yandex.ru)

**Погожева Алла Владимировна**, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0003-3983-0522

**Кешабянц Эвелина Эдуардовна**, старший научный сотрудник эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, к.м.н. ORCID ID: 0000-0001-9762-2647

**Information about the authors:**

**Natalia N. Denisova**, M.D., Ph.D. (Medicine), Researcher Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0002-7664-2523 (+7 (985) 280-40-75, denisova-55@yandex.ru)

**Alla V. Pogozeva**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Leading Researcher Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0003-3983-0522

**Evelina E. Keshabyants**, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Researcher Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0001-9762-2647

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

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

Поступила в редакцию: 28.04.2018

Принята к публикации: 11.05.2018

Received: 28 April 2018

Accepted: 11 May 2018

**Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»**



**Основы кинезиотейпирования**

**Касаткин М.С., Ачкасов Е.Е.,  
Добровольский О.Б.**

Учебное пособие включает в себя основные принципы работы по методике кинезиотейпирования. Последовательно освещены вопросы анатомии и физиологии, а также механизмы воздействия кинезиотейпа на организм человека. Особое внимание уделено истории создания методики и использованию цветовой гаммы кинезиотейпов. Пособие содержит основные классические аппликации при использовании методики кинезиотейпирования.

Учебное пособие предназначено для ординаторов, обучающихся по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина», врачей спортивной медицины, специалистов в области медицинской реабилитации, травматологов-ортопедов, неврологов.

Книги можно заказать на сайте издательства «Спорт»: <http://www.olimpress.ru>



## Влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков

Ф.Б. Литвин<sup>1</sup>, Т.М. Брук<sup>1</sup>, П.А. Терехов<sup>1</sup>, И.А. Прохода<sup>2</sup>, Д.Б. Никитюк<sup>3</sup>, С.В. Клочкова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Министерство спорта РФ, г. Смоленск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Министерство образования и науки РФ, г. Брянск, Россия

<sup>3</sup>ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков. **Материалы и методы:** обследовано 58 лыжников-гонщиков мужского пола 18-20 лет, уровня 1 разряд – КМС/ Лыжники основной группы (30) на протяжении 21-го дня ежедневно употребляли гомогенат трутневых личинок в расчете 10 мг/кг массы тела. Спортсмены из группы сравнения (28) принимали картофельный крахмал (плацебо). Исследование системы микроциркуляции проводили лазерным анализатором капиллярного кровотока «ЛАКК-М». Запись проводили до приема, в 1-й, 10-й и 21-й дни исследования и через 30 дней после окончания приема. **Результаты:** в экспериментальной группе в системе микроциркуляции обнаружено достоверное на 121% ( $p < 0,05$ ) повышение перфузии, обусловленное увеличением на 149% ( $p < 0,05$ ) вазодилатации прекапиллярных сфинктеров. Выявлен экономизирующий эффект по использованию кислорода, что сопровождалось снижением на 148% потребления кислорода тканями и ростом на 125% ( $p < 0,05$ ) сатурации кислорода. Адаптогенный эффект проявляется с 10 дня, достигает максимального уровня на 21 день и сохраняется на 30 день после завершения приема. **Выводы:** анализ полученных результатов показал целесообразность включения гомогената трутневых личинок в спортивное питание.

**Ключевые слова:** спорт, апипродукт, микроциркуляция, регуляция, обмен кислорода

**Для цитирования:** Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Терехов П.А., Прохода И.А., Никитюк Д.Б., Клочкова С.В. Влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 88-95. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.88.

## Effect of biologically active additives based on the homogenate of drone larvae on microcirculation and metabolism in Nordic skiers

Fedor B. Litvin<sup>1</sup>, Tatyana M. Bruk<sup>1</sup>, Pavel A. Terekhov<sup>1</sup>, Irina A. Prokhoda<sup>2</sup>, Dmitry B. Nikityuk<sup>3</sup>, Svetlana V. Klochkova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Smolensk, Russia

<sup>2</sup>Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, Russia

<sup>3</sup>Federal Research Centre for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

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

### ABSTRACT

**Objective:** to study the effect of biologically active additives (BAA) based on the homogenate of drone larvae on microcirculation and metabolism in Nordic skiers. **Materials and methods:** 58 male skiers at the age of 18-20 years ranging from 1 category to CMS were divided into two groups: the main group (30 athletes) and the comparison group (28 athletes). The skiers of the main group used the homogenate of drone larvae daily at a dose of 10 mg/kg of body weight during 21 days. Athletes from the comparison group received potato starch (placebo). The study of the microcirculation system was performed with a laser analyzer of the capillary blood flow «LAKK-M» before the BAA administration, at the 1st, 10th and 21st days of the study and 30 days after the end of the BAA administration. **Results:** A significant increase in perfusion was observed in the experimental group (121%,  $p < 0.05$ ) due to an increase in vasodilation of precapillary sphincters by 149% ( $p < 0.05$ ). The oxygen consumption became more economical: tissue oxygen



consumption decreased by 148% and oxygen saturation increased by 125% ( $p < 0.05$ ). The adaptogenic effect started from 10th day, reached a maximum level on 21st day and persisted for 30 days after completion of the reception. **Conclusions:** analysis of the results showed the feasibility of including the homogenate of drone larvae in sports nutrition.

**Key words:** sport, apiproduct, microcirculation, regulation, oxygen exchange

**For citation:** Litvin FB, Bruk TM, Prokhoda IA, Nikityuk DB, Klochkova SV. Effect of biologically active additives based on the homogenate of drone larvae on microcirculation and metabolism in Nordic skiers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):88-95. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.88.

### 1.1. Введение

Действие природных адаптогенов имеет полифункциональную направленность от повышения специфического и неспецифического иммунитета, [1-12] до оптимизации работы регулирующих систем, стимуляции ангиогенеза, сбалансированной активации энергетического и пластического обмена, оптимизации основных ферментных систем. Адаптогены повышают активность антиоксидантной системы и угнетают процессы образования активных форм кислорода. Особенность их воздействия выражается в «подтягивании» высоких и низких функциональных и психологических показателей к определенному «гомеостатическому коридору», индивидуальному для каждого спортсмена. Использование адаптогенов способствует более быстрому развитию тренированности и ускорению восстановления после тренировок [13-15].

В литературе последних лет значительное внимание уделяется продуктам пчеловодства (апипродукты), которые улучшают адаптивную способность организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды, снижают утомление, отрицательное действие эмоциональных нагрузок, стресс-факторов. В подавляющем числе работ [16-18] изучено профилактическое и регулирующее действие апипродуктов на функции органов и систем ослабленного или болеющего организма. И только единичные работы освещают использование апипродуктов в спорте как актопротекторного, иммуностимулирующего, иммуномодулирующего, восстанавливающего после физических нагрузок, средства [19]. Перспективным из большого многообразия продуктов пчеловодства является гомогенат трутневых личинок (трутневое молочко), содержащий широкий спектр органических и неорганических биологически активных веществ. В единичных работах на экспериментальных животных показано положительное актопротекторное действие трутневого молочка на организм. В частности в работе Бурмистровой Л.А., [20] показано, что после курсового приема трутневого молочка повышаются объемы выполняемых интенсивных физических нагрузок, наблюдаются биохимические изменения в крови, характерные для проявления данного эффекта. Немаловажным является факт ускоренного восстановления концентрации тестостерона после физических нагрузок. Одним из преимуществ использования трутневого гомогената в спортивном питании перед разрешенными синтетическими фармпрепаратами, является его высокая функциональная активность. Он действует мягче, физиологичнее, не вызывает побочных отклонений.

**Цель исследования:** изучить влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков.

Задачи исследования:

1. Проанализировать влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на характеристики системы микрогемодициркуляции.
2. Выявить сроки эффективного воздействия биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на работу системы микрогемодициркуляции.
3. Установить возможности по расширению адаптационного потенциала важнейших систем организма в условиях курсового применения биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок

### 1.2 Материалы и методы

В исследовании приняли участие 58 лыжников-гонщиков мужского пола в возрасте 18-20 лет (уровень спортивной квалификации 1 разряд – КМС), которые были распределены на две группы: основная группа (30 спортсменов) и группа сравнения (28 спортсменов). Лыжники основной группы на протяжении 21-го дня ежедневно употребляли гомогенат трутневых личинок (апипродукт «Билар», Россия) в расчете 10 мг/кг массы тела. Прием апипродукта осуществлялся утром, натощак. Спортсмены из группы сравнения принимали картофельный крахмал (плацебо). Все участники эксперимента были проинформированы о целях, методах, возможных побочных эффектах, продолжительности исследования. После этого у лыжников-гонщиков было получено письменное согласие на их участие в эксперименте. Исследование системы микроциркуляции проводили лазерным анализатором капиллярного кровотока «ЛАКК-М» («ЛАЗМА», РФ). Продолжительность записи ЛДФ-граммы на ладонной поверхности 4 пальца кисти правой руки составляла 5 мин. Анализировали следующие показатели: параметр микроциркуляции (ПМ) в перфузионных единицах (п.е.) с автоматическим расчетом его среднего значения, отражающего количество эритроцитов и среднюю скорость эритроцитов в зондируемом объеме ткани. Амплитудно-частотный анализ осцилляций кровотока был выполнен с помощью программы вейвлет-анализа. По результатам амплитудно-частотного анализа колебаний кровотока рассчитывали показатели активного механизма контроля микрогемодинамики ((нейрогенный (Ан), миогенный (Ам) и эндотелийзависимый (Аэ) компоненты тонуса (п.е.)), а

также максимальную амплитуду колебаний кровотока в диапазоне дыхательных экскурсий (Ад) и кардиоритма (Ac) (п.е.), представляющие пассивные механизмы регуляции. Методом оптической тканевой оксиметрии, применяемым в данном приборе, оценивали уровень сатурации кислорода (SO<sub>2</sub>, %) и величину удельного потребления кислорода (U, y.e.). Лазерная флуоресцентная диагностика позволяет оценить интенсивность излучения спектров флуоресценции восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и окисленной формы флавинадениндинуклеотида (ФАД). Уровень утилизации кислорода оценивали по величине флуоресцентного показателя потребления кислорода (ФПК) коферментов, участвующих в дыхательной цепи, как отношение НАДН к ФАД: ФПК = АНАДН / АФАД. Расчет всех показателей проводили с помощью специального пакета программ (версия 2.0.0.423, НПП «ЛАЗМА», Россия).

Регистрацию данных проводили до приема гомогената трутневых личинок в 1-й, 10-й и 21-й дни исследования, а также через 30 дней после окончания приема апипродукта.

Полученные результаты исследований были обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ SPSS 13.0 для Windows. Результаты представлены в виде средних величин и стандартной ошибки средней величины ( $M \pm m$ ). Оценка достоверности различий средних величин проведена с использованием t-критерия Стьюдента. Уровень значимости считали достоверным при  $p < 0,05$ .

Характеристика гомогената трутневых личинок (апипродукта «Билар»). Гомогенат трутневых личинок получают методом вакуумного высушивания биомассы. Он характеризуется как желтое, порошкообразное вещество со сладковатым, хлебным вкусом и специфиче-

ским запахом (табл. 1), не содержит механических примесей и полностью растворяется в воде, не токсичен и не патогенен.

Содержание белка в гомогенате составляет 51,2%, в состав которого входят 16 общих и 28 свободных аминокислот (табл. 2).

Из жирных кислот в гомогенате представлены: миристиновая, пентадекановая, пальмитиновая, стеариновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая, деценовая. Таким образом, липиды представлены в основном мононасыщенными (50%), насыщенными (45%) и полиненасыщенными (5%) жирными кислотами.

В состав гомогената входят макро- и микроэлементы, представленные в таблице 3.

В апипродукте содержится следующие витамины: (мг/100мл):  $\beta$ -j – токоферол – 600;  $\alpha$ -токоферол – 370; витамины группы В (В1, В2, В3, В5, В6);  $\beta$  – каротин. В апипродукте также присутствуют желчные кислоты (мкг/мл): холестерол – 0,13, дезоксихолевая – 1,35, урсодезоксихолевая – 0,043, литохолевая – 1,3 [Прохода И.А., 2009]. В трутневом расплоде содержится 0,307 $\pm$ 0,015 нмоль/100 г тестостерона; 410,0 $\pm$ 65,4 нмоль/100 г пролактина; 51,32  $\pm$  8,69 нмоль/100 г прогестерона и 677,6 $\pm$ 170,3 нмоль/100 г эстрадиола [13].

### 1.3 Результаты и их обсуждение

Выполненные исследования выявили разнонаправленный функциональный эффект после курсового гомогената трутневых личинок, который находился в зависимости от продолжительности его приема. Так, у спортсменов основной группы в отличие от группы сравнения на 10-й день приема наблюдалось достоверное снижение на 23% интенсивности микроциркуляции ( $p < 0,05$ ) (табл. 4). У спортсменов группы сравнения на протяжении 10 дней тренировочных занятий данный

Таблица 1

#### Органолептические и физико-химические показатели гомогената трутневых личинок (продукта «Билар»)

Table 1

#### Organoleptic and physico-chemical parameters of the homogenate of drone larvae («Bilar» product)

Цвет/Colour	Желтый
Запах/Smell	Специфический
Вкус/Taste	Хлебный
pH/pH	7,0 $\pm$ 0,67
Растворимость в воде/Solubility in water	Полностью
Механические примеси/Mechanical impurities	Отсутствуют
Массовая доля сухих веществ, %/Mass fraction of dry substances, %	95
- титрованные кислоты/Titrated acids	0,80 $\pm$ 0,04
- белок/protein	51,2 $\pm$ 2,01
- сахара/sugar	30,0 $\pm$ 1,5
- жиры/fats	4,8 $\pm$ 0,5

Таблица 2

Содержание аминокислот

Table 2

The amino acid profile

Заменимые аминокислоты/ Nonessential amino acids	Содержание, %/ Content, %	Незаменимые аминокислоты/ Essential amino acids	Содержание, %/ Content, %
Аргинин/Arginine	1,73	Валин/Valine	2,25
Цистин/Cystine	0,22	Гистидин/Histidine	0,90
Тирозин/Tyrosine	1,93	Лизин/Lysine	2,32
Пролин/Proline	2,67	Треонин/Threonine	1,62
Серин/Serin	1,59	Метионин/Methionine	0,77
Аланин/Alanin	2,04	Фенилаланин/Phenylalanine	1,56
Глицин/Glycine	1,48	Изолейцин+лейцин/Isoleucine + leucine	4,76
Глутаминовая кислота/Glutamic acid	2,25	-	-
Аспаргиновая кислота/Aspartic acid	2,32	-	-

Таблица 3

Минеральный состав гомогената трутневых личинок, мкг/г

Table 3

Mineral composition of the homogenate of drone larvae, µg/g

Элемент/Element	Ca	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Se	J
Содержание, мкг/г/Content, µg/g	470,00	5558,50	24,00	2,44	65,30	14,73	0,49	3,93
Элемент/Element	Br	Ni	S	Sr	As	Pb	Cd	Cr
Содержание, мкг/г/Content, mcg/g	1,42	0,66	1955,00	0,34	0,53	0,48	0,08	3,30

Таблица 4

Динамика параметров микроциркуляторного русла у спортсменов ЭГ 18-20 лет (n=30) при приеме апипродукта (M±m)

Table 4

Dynamics of the parameters of the microcirculatory bloodstream in athletes of experimental group from 18 to 20 years old (n=30) taking apiproduct (M±m)

Показатели микроциркуляции/ Indices of microcirculation	До приема апипродукта/ Before taking apiproduct (1)	Применение апипродукта/ Application of apiproduct		Через 30 дней после окончания приема/ 30 days after the end of admission (4)	P* < 0,05
		10 день/ 10th day (2)	21 день/ 21th day (3)		
ПМ, п.е./MI	12,92±0,45	10,53±0,38	14,37±0,56	13,85±0,40	P1:2;P1:3;P2:3; P2:4.
SO <sub>2</sub> , %	60,80±1,56	62,60±2,08	71,70±3,44	64,30±2,07	P1:3;P2:3.
SpO <sub>2</sub> , %	96,80±0,56	98,30±0,41	99,00±0,01	98,00±0,50	P1:2;P1:3.
УЕ.	1,64±0,09	1,57±0,10	1,37±0,07	1,55±0,05	P1:3.
ФПК/FOC	3,09±0,10	3,03±0,15	3,03±0,07	3,14±0,12	-
Аэ, п.е./Ae	15,43±1,02	13,64±1,46	22,42±2,38	7,21±0,21	P1:3;P2:3; P1:4;P2:4; P3:4.
Ан, п.е./An	11,89±1,16	12,95±1,17	20,84±2,53	12,76±1,38	P1:3; P2:3; P3:4.
Ам, п.е./Am	6,51±0,85	8,10±0,68	10,86±0,49	7,73±0,87	P1:3;P2:3.
Ад, п.е./Ab	3,55±0,10	4,72±0,21	3,66±0,18	4,25±0,16	P1:2; P2:3; P1:4.
Ас, п.е./Ac	3,90±0,52	5,45±0,76	6,13±1,08	4,90±0,43	P1:2;P1:3.

\*P – достоверность различий/significance of differences

показатель перфузии на 12% достоверно повысился по сравнению с исходным значением ( $p < 0,05$ ) (табл. 5). В результате к 10-му дню исследования различия по уровню перфузии между лыжниками основной группы и группы сравнения увеличились на 38% ( $p < 0,05$ ).

Из этого следует, что после 10-ти дневного приема гомогената трутневых личинок механизмы обеспечения пластического и энергетического обмена у спортсменов основной группы начинают функционировать с меньшим напряжением, а, значит, обеспечивают адекватную микрогемодинамику при меньших затратах энергии и с меньшим расходом адаптационного потенциала. Выявленная динамика показателя перфузии в значительной мере определяется работой механизмов регуляции кровотока, среди которых подавляющее большинство исследователей выделяют активный и пассивный механизмы. Сравнительный анализ активных механизмов регуляции показал определенную взаимосвязь между уровнем перфузии и вкладом каждого из контуров регуляции (табл. 4). Применение гомогената трутневых личинок в первые 10 дней сопровождалось незначительным на 13% повышением тонуса эндотелийзависимого механизма и снижением тонуса нейрогенного и миогенного механизмов регуляции. При этом, если тонус симпатического отдела ВНС недостоверно снижался на 9% ( $p > 0,05$ ), то вазодилаторный эффект прекапиллярных сфинктеров достоверно увеличился на 24% ( $p < 0,05$ ). За этот период времени в группе сравнения вклад эндотелийзависимого контура регуляции достоверно снизился на 34%, нейрогенного - недостоверно на 12%, а миогенного незначительно вырос на 14%.

Анализ участия пассивных механизмов в регуляции микроциркуляции у лыжников основной группы продемонстрировал статистически ненадежное повышение вклада респираторного механизма на фоне достоверного на 57% ( $p < 0,05$ ) увеличения вклада пульсового механизма к 21 дню исследования. Очевидно, можно предполагать, что вазодилатация микрососудов, вызванная работой активных механизмов облегчает проникновение в микроциркуляторное русло пульсовых колебаний, задаваемых систолой сердечной мышцы. По данным оптической тканевой оксиметрии у лыжников основной группы к 10-му дню происходит усиление кислородтранспортной функции крови на уровне крупных сосудов. В результате показатель насыщения кислородом артериальной крови увеличился на 1,5%. В системе микроциркуляции, напротив, отмечается снижение потребления кислорода, о чем свидетельствует повышение на 4,4% показателя сатурации кислорода в смешанной крови микроциркуляторного русла. На снижение интенсивности обмена веществ у лыжников основной группы указывает и уменьшение на 4,5% величины потребления кислорода тканями, тогда как у спортсменов группы сравнения данный показатель повышается на 3,5%. По данным лазерной флуоресцентной диагностики у спортсменов обеих групп уровень утилизации кислорода в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в митохондриях клеток по данным ФПК на 10-й день исследования незначительно снижается без видимых различий.

К окончанию приема исследуемого апипродукта происходит кардинальная перестройка в работе систе-

Таблица 5

Динамика параметров микроциркуляторного русла у спортсменов КГ 18-20 лет ( $n=28$ ) при приеме плацебо ( $M \pm m$ )

Table 5

Dynamics of the parameters of the microcirculatory bloodstream in athletes of control group from 18 to 20 years old ( $n=28$ ) taking placebo ( $M \pm m$ )

Показатели микроциркуляции/ Indices of microcirculation	До приема апипродукта/ Before taking aproduct (1)	Применение апипродукта/ Application of aproduct		Через 30 дней после окончания приема/ 30 days after the end of admission (4)	P* < 0,05
		10 день/10th day (2)	21 день/21th day (3)		
ПМ, п.е./MI	13,02 ± 0,48	14,53 ± 0,41	11,92 ± 0,61	12,42 ± 0,31	P1:2; P2:3; P2:4.
SO <sub>2</sub> , %	58,69 ± 1,15	61,30 ± 2,48	57,30 ± 1,25	52,20 ± 2,85	P1:4; P2:4; P3:4.
SpO <sub>2</sub> , %	95,90 ± 0,41	96,40 ± 0,45	98,30 ± 0,15	97,30 ± 0,15	P1:4; P2:3.
UE	1,73 ± 0,05	1,79 ± 0,07	2,03 ± 0,09	2,08 ± 0,14	P1:3; P1:4; P2:3.
ФПК/FOC	3,01 ± 0,07	2,98 ± 0,09	2,95 ± 0,08	2,81 ± 0,11	
Аэ, п.е./Ae	16,09 ± 0,67	12,01 ± 1,20	18,23 ± 2,29	16,81 ± 0,31	P1:2; P2:3; P2:4.
Ан, п.е./An	10,24 ± 1,15	9,12 ± 1,33	18,46 ± 1,39	12,35 ± 1,32	P1:3; P2:3; P3:4.
Ам, п.е./Am	8,07 ± 1,14	9,19 ± 1,44	7,29 ± 0,23	7,13 ± 1,21	
Ад, п.е./Ab	4,09 ± 0,22	3,51 ± 0,21	4,47 ± 0,27	4,69 ± 0,23	P2:4.
Ас, п.е./Ac	4,10 ± 0,23	4,95 ± 1,27	5,18 ± 0,33	4,12 ± 0,24	

\*P - достоверность различий/significance of differences



мы микроциркуляции, которая, по всей видимости, направлена на дальнейшее расширение адаптационного потенциала и росту функциональной избыточности организма. На 21-й день у лыжников основной группы статистически надежно повышается величина перфузии как по сравнению с исходным состоянием (на 11%), так и по сравнению с 10-м днем приема (на 36%). В группе сравнения отмечается усиление дефицита микрокровотока с понижением показателя перфузии на 9% по сравнению с началом исследования и на 22% по сравнению с 10-м днем эксперимента ( $p < 0,05$ ). Активное участие в повышении перфузии принимают местные механизмы регуляции. По данным вейвлет-анализа у лыжников основной группы вклад эндотелийзависимого механизма достоверно возрастает на 45% по сравнению с исходным уровнем и на 64% по сравнению с 10-м днем ( $p < 0,05$ ). Отмеченный вазодилаторный эффект, по всей вероятности, определяется повышенным содержанием в продукте аминокислоты аргинина, которая является предшественником оксида азота, мощнейшего вазодилатора микрососудов. Очевидно, можно предполагать, что применение гомогената трутневых личинок снижает активность симпатического звена ВНС, о чем свидетельствует повышение вклада нейрогенного механизма в перфузию на уровне микроциркуляторного русла. К завершению исследования тонус симпатических нервов уменьшился на 75% по сравнению с исходным состоянием и на 61% по отношению к величине на 10-й день исследования. На сегодняшний день достаточно доказательств того, что путь аргинин – оксид азота – цГМФ играет важнейшую нейромодулирующую роль в функционировании сердечно автономной нервной системы - увеличивает вагусное влияние и ингибирует симпатический компонент. Вазодилаторный эффект на уровне прекапиллярных сфинктеров оказался более консервативным. В частности, показатель снижения тонуса прекапилляров увеличился на 67% по сравнению с исходной величиной и на 34% по отношению к величине на 10-й день приема гомогената трутневых личинок ( $p < 0,05$ ). По всей видимости, при воздействии применяемой величины тренировочной нагрузки объем притекаемой в обменное звено крови, достаточный для обеспечения адекватного кровотока. В этих условиях прекапиллярные сфинктеры, умеренно сокращаясь, избыток крови направляют по системе анастомозов, минуя капилляры. На случай повышения объема и интенсивности физических нагрузок, прекапилляры, снижая тонус, способны увеличить дополнительный приток крови в обменное звено, что свидетельствует о функциональной надежности и избыточности системы микроциркуляции в целом. У лыжников из группы сравнения за период исследования статистически надежно повысился вклад нейрогенного механизма, тогда как активность эндотелийзависимого контура регуляции тенденциозно по-

вышалась, а миогенного незначительно снижалась. На этом фоне за время эксперимента у лыжников группы сравнения достоверных изменений в работе пассивных механизмов не обнаружено. Повышение экономичности в работе системы микроциркуляции у лыжников основной группы проявляется снижением показателя удельного потребления кислорода к 21 дню на 20% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с исходным уровнем и на 15% по сравнению с показателем 10-го дня исследования. Соответственно в смешанной крови микроциркуляторного русла за указанный период на 17% достоверно увеличился показатель сатурации кислорода. Минимальной оказалась и величина участия кислорода в окислительно-восстановительных реакциях.

У лыжников группы сравнения за время эксперимента в системе микроциркуляции отмечался рост напряженности, который выражался повышением уровня потребления кислорода на 17% относительно исходного значения % и на 17% по сравнению с 10-м днем исследования ( $p < 0,05$ ). Это сопровождалось снижением на 7% содержания кислорода в смешанной крови микроциркуляторного русла и повышением на 2% использования кислорода в окислительно-восстановительных реакциях на уровне митохондрий.

Таким образом, курсовое применение гомогената трутневых личинок приводило к нарастанию кумулятивного эффекта в системе микроциркуляции, который сопровождался потенциальным нарастанием функциональных резервных возможностей организма с одновременным повышением экономичности в работе в условиях тренировочного режима. В этой связи неподдельный интерес вызывал вопрос о возможности пролонгированного действия апипродукта после завершения его приема. С этой целью нами проводилось дополнительное исследование через 30 дней после завершения приема гомогената трутневых личинок. Был отмечен сохраняющийся по сравнению с исходными показателями повышенный на 7% уровень перфузии, на 6% показатель сатурации кислорода, пониженное на 6% удельное потребление кислорода тканями. Из механизмов регуляции обращает внимание стремительное снижение на 114% ( $p < 0,05$ ) вклада эндотелийзависимого механизма на фоне восстановления нейрогенного и миогенного механизмов. Предположительно резкое снижение вклада эндотелийзависимого механизма обусловлено прекращением поступления аргинина после завершения приема апипродукта. Существенных изменений в работе пассивных механизмов не обнаружено.

В группе сравнения через 30 дней после завершения эксперимента продолжалось незначительное снижение интенсивности микроциркуляции, достоверное снижение на 12% ( $p < 0,05$ ) показателя сатурации кислорода, повышение на 20% величины удельного потребления кислорода и на 7% участие кислорода в окислительно-

восстановительных реакциях. Реактивность микрососудов по данным активных и пассивных механизмов регуляции соответствовала исходному уровню.

#### 1.4 Выводы

По результатам исследования доказана целесообразность применения апипродукта на основе гомогената

#### Список литературы

1. **Гаврилова Н.Б., Щетинин М.П., Молибога Е.А.** Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов // Вопросы питания. 2017. Т.86, №2. С. 100-6.
2. **Бальхаев И.М., Шантанова Л.Н., Тулесонова А.С.** Актопротекторная активность адаптогенов природного происхождения // Сибирский медицинский журнал. 2014. №1. С. 100-3.
3. **Morente-Sánchez J, Zabala M.** Doping in sport: a review of elite athletes' attitudes, beliefs, and knowledge // Sports Medicine. 2013. Vol.43, №2. P. 395-411.
4. **Thakare V, Patel B.** Potential targets for the development of novel antidepressants: future perspectives // CNS neurol disord drug targets. 2015. Vol.14. P. 270-81.
5. **Bennett A.** Innovation trends in food and beverage filtration applications // Journal Filtration and Separation. 2015. Vol.52. P. 28-33.
6. **Liutkevičius A, Speičienė V, Kaminskas A, Jablonskienė V.** Development of a functional whey beverage, containing calcium, vitamin D, and prebiotic dietary fiber, and its influence on human health // Journal of Food. 2017. Vol.14, №2. P. 309-16.
7. **Донченко О.А., Донченко Н.А., Коптев В.Ю.** Особенности применения адаптогенов при наличии и отсутствии стресс-факторов у животных и птиц // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. №3. С. 95-100.
8. **Oliveira B, Vieira da Silva et al.** Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies // Trends in Food Science & Technology. 2016. Vol.50, №2. P. 144-58.
9. **Yavari A, Javadi M, Mirmiran P.** Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants // Asian. J. Sports Med. 2015. Vol.6, №1. P. 35-40.
10. **Panossian A, Wikman G.** Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity // Pharmaceuticals. 2010. №3. P. 188-224.
11. **Калинина И.В., Фаткуллин Р.И., Попова Г.С.** Биологически активные ингредиенты в разработке пищевых продуктов с адаптогенными свойствами // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. №1. С. 32-9.
12. **Szopa A, Ekiert R, Ekiert H.** Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies // Phytochem. Rev. 2017. Vol.16, №3. P. 195-218.
13. **Ачкасов Е.Е., Машковский Е.В., Безуглов Э.Н.** Медико-биологические аспекты восстановления в профессиональном и любительском спорте // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018. Т.13, №1. С. 126-32.
14. **Гумеров Т.Ю., Решет О.А.** Роль природных адаптогенов при оценке качества напитков спортивного и функцио-

нутренних личинок в качестве эффективного средства расширения адаптационного потенциала и повышения функциональной надежности организма спортсменов в условиях тренировочных и соревновательных физических нагрузок. Показано, что апипродукт обладает умеренным пролонгированным действием.

#### References

1. **Gavrilova NB, Shchetinin MP, Moliboga EA.** Current state and prospects for the development of the production of specialized products for athlete nutrition. Voprosy pitaniya (Nutrition issues). 2017;86(2):100-6. Russian.
2. **Balkhayeve IM, Shantanova LN, Tulesonova AS.** Actoprotective activity of adaptogens of natural origin. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Siberian Medical Journal). 2014;(1):100-3. Russian.
3. **Morente-Sánchez J, Zabala M.** Doping in sport: a review of elite athletes' attitudes, beliefs, and knowledge. Sports Medicine. 2013;43(6):395-411. DOI. 10.1007/s40279-013-0037-x.
4. **Thakare V, Patel B.** Potential targets for the development of novel antidepressants: future perspectives. CNS neurol disord drug targets. 2015;14(2):270-81. DOI: 10.2174/1871527313666140806121648.
5. **Bennett A.** Innovation trends in food and beverage filtration applications. Journal Filtration and Separation. 2015;52:28-33. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.03.040.
6. **Liutkevičius A, Speičienė V, Kaminskas A, Jablonskienė V.** Development of a functional whey beverage, containing calcium, vitamin D, and prebiotic dietary fiber, and its influence on human health. Journal of Food. 2017;14(2):309-16. DOI: 10.1080/19476337.2015.1108366.
7. **Donchenko OA, Donchenko NA, Koptev VYu.** Features of the application of adaptogens in the presence and absence of stress factors in animals and birds. Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. (Siberian bulletin of agricultural science). 2013;(3):95-100. Russian.
8. **Oliveira B, Vieira da Silva et al.** Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. Trends in Food Science & Technology. 2016;50(2):144-58. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.12.007.
9. **Yavari A, Javadi M, Mirmiran P.** Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants. Asian. J. Sports Med. 2015;6(1): 35-40. DOI: 10.5812/asjism.24898.
10. **Panossian A, Wikman G.** Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity. Pharmaceuticals. 2010;(3): 188-224. DOI: 10.3390/ph3010188.
11. **Kalinina IV, Fatkullin RI, Popova GS.** Biologically active ingredients in the development of food products with adaptogenic properties. Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. (Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology). 2018;(1):32-9. Russian.
12. **Szopa A, Ekiert R, Ekiert H.** Current knowledge of Schisandra chinensis (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. Phytochem. Rev. 2017;16(3):195-218. DOI: 10.1007/s11101-016-9470-4.
13. **Achkasov EE, Mashkovskiy EV, Bezuglov EN.** Medicobiological aspects of recovery in professional and amateur sports. Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza (The medical bulletin of the North Caucasus). 2018;13(1):126-32. Russian.
14. **Gumerov TYu, Reshet OA.** The role of natural adaptogens in assessing the quality of sports and functional drinks. Vestnik

нального назначения // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №2. С. 219-23.

15. **Каркищенко В.Н., Каркищенко Н.Н., Касинская Н.В.** Экспериментальная оценка адаптогенной активности препарата «МиоАктив Форсаж» в тесте принудительного плавания // Биомедицина. 2013. №4. С. 70-6.

16. **Козырева З.К., Гонтарев С.Н., Козырев К.М.** Комплексная восстановительная терапия при хронических гингивитах // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т.25, №1. С. 14-24.

17. **Шорманов И.С., Лось М.С., Шорманова Н.С.** Применение адаптогенов после резекции почки в условиях печеночной недостаточности // Урологические ведомости. 2017. Т.7, №1. С. 135.

18. **Матханов И.Э., Герасименко М.Ю., Агасаров Л.Г.** Новое адаптогенное средство «Фитоцент» для санаторно-курортного лечения больных // Вестник новых медицинских технологий. 2017. №4. С. 159-164.

19. **Лавриненко С.В., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Соколов А.И., Жуклова Л.А., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б.** Использование специализированных продуктов для питания спортсменов в подготовительном периоде спортивного цикла // Вопросы питания. 2017. Т.86, №4. С. 99-103.

20. **Бурмистрова Л.А.** Физико-химический анализ и биохимическая оценка биологической активности трутневого расплода: Автореф. канд. дисс. Рязань, 1999. 17 с.

Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. (Bulletin of Kazan Technological University). 2013;(2):219-23. Russian.

15. **Karkishchenko VN, Karkishchenko NN, Kasinskaya NV.** Experimental evaluation of the adaptogenic activity of the preparation «MyoActiv Forsage» in the forced swimming test. Biomeditsina (Biomedicine). 2013;(4):70-6. Russian.

16. **Kozyreva ZK, Gontarev SN, Kozyrev KM.** Complex restorative therapy for chronic gingivitis. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Bulletin of new medical technologies). 2018;25(1):14-24. Russian.

17. **Shormanov IS, Los MS, Shormanova NS.** Application of adaptogens after resection of the kidney in conditions of hepatic insufficiency. Urologicheskiye vedomosti. (Urological statements). 2017;7(1);135. Russian.

18. **Matkhanov IE, Gerasimenko MYu, Agasarov LG.** New adaptogenic agent «Phytocenter» for sanatorium-and-spa treatment of patients. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Bulletin of new medical technologies). 2017;(4):159-64. Russian.

19. **Lavrinenko SV, Vybornaya KV, Kobelkova IV, Sokolov AI, Zhukova LA, Klochkova SV, Nikityuk DB.** Use of specialized products for athletes in the preparatory period of the sports cycle. Voprosy pitaniya (Nutrition issues). 2017;86(4):99-103. Russian.

20. **Burmistrova LA.** Fiziko-khimicheskiy analiz i biokhimicheskaya otsenka biologicheskoy aktivnosti trutneвого расплода. Avtoref. kand. diss. Ryazan, 1999:17. Russian.

#### Сведения об авторах:

**Литвин Федор Борисович**, профессор кафедры спортивных дисциплин ФГБОУ ВПО Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма Минспорта России, д.б.н. ORCID ID: 0000-0003-2281-8757 (+7 (952) 969-96-54, bf-litvin@yandex.ru)

**Брук Татьяна Михайловна**, заведующая кафедрой биологических дисциплин ФГБОУ ВПО Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма Минспорта России, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0003-1023-6642

**Терехов Павел Александрович**, старший преподаватель кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВПО Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма Минспорта России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-3579-6048

**Прохода Ирина Алексеевна**, профессор кафедры экономики и управления Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, доктор сельскохозяйственных наук. ORCID ID: 0000-0002-2725-3687

**Никитюк Дмитрий Борисович**, директор ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, д.м.н., проф., член-корреспондент РАН. ORCID ID: 0000-0002-4968-4517

**Клочкова Светлана Валерьевна**, профессор кафедры анатомии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), д.м.н. ORCID ID: 0000-0003-2041-7607

#### Information about the authors:

**Fedor B. Litvin**, D.Sc. (Biology), Professor of the Department of Sports Disciplines of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism. ORCID ID: 0000-0002-2281-8757. (+7 (952) 969-96-54, bf-litvin@yandex.ru)

**Tatyana M. Brook**, D.Sc. (Biology), Prof., Head of the Department of Biological Disciplines of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism. ORCID ID: 0000-0003-1023-6642

**Pavel A. Terekhov**, Ph.D. (Biology), Senior Lecturer of the Department of Biological Disciplines of the Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism. ORCID ID: 0000-0003-3579-6048

**Irina A. Prokhoda**, D.Sc. (Agriculture), Professor of the Department of Economics and Management of the Bryansk State University named after Academician IG. Petrovsky. ORCID ID: 0000-0002-2725-3687

**Dmitriy B. Nikityuk**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Centre for Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0002-4968-4517

**Svetlana V. Klochkova**, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Human Anatomy of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). ORCID ID: 0000-0003-2041-7607

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

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

Поступила в редакцию: 21.06.2018

Принята к публикации: 17.07.2018

Received: 21 June 2018

Accepted: 17 July 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.96

УДК: 616.12-008.46

## Скрининг спортсменов на предмет внезапной сердечной смерти в разных странах. История и современность

О.С. Ларинцева

ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,  
Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

### РЕЗЮМЕ

У спортсменов с некоторыми заболеваниями сердечно-сосудистой системы существенно повышен риск остановки сердца и внезапной сердечной смерти (ВСС) во время или после физической нагрузки. Поэтому выявление патологических состояний сердечно-сосудистой системы – важнейший элемент обследования спортсменов. Перед началом тренировок спортсмены с жалобами на синкопальные или пре-синкопальные состояния, головокружения во время физической нагрузки или в покое, ощущения сердцебиения и перебоев в работе сердца должны быть дополнительно обследованы. Анкетирование может способствовать выявлению этих и других жизнеопасных состояний. Исследование направлено на получение информации о существующих в российской и зарубежной литературе опросниках для предсезонного скрининга спортсменов на предмет ВСС, получение информации о существующих анкетах для предсезонного скрининга спортсменов, сравнение вопросов, описание современного научного взгляда на проблему, определение спорных моментов и моментов, требующих дополнительного изучения. В целом мировые скрининговые стратегии как прошлых лет, так и современные, соответствуют друг другу и включают сходные вопросы, позволяющие выявить некоторые факторы риска внезапной сердечной смерти спортсмена.

**Ключевые слова:** сердечная смерть, спорт, спортсмен, скрининг, анкета

**Для цитирования:** Ларинцева О.С. Скрининг спортсменов на предмет внезапной сердечной смерти в разных странах. История и современность // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №3. С. 96-103. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.96.

## Athlete's screening for sudden cardiac death in different countries. History and recent days

Olga S. Larintseva

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia

### ABSTRACT

Athletes with certain cardiovascular diseases have significantly increased risk of cardiac arrest and sudden cardiac death (SCD) during or after physical exertion. Therefore, the detection of pathological cardiovascular conditions is an important element of preparticipation screening in athletes. Athletes with complaints of syncope or presyncope, dizziness during exercise or at rest, feelings of palpitations and interruptions in the work of the heart should be further examined before training. Questionnaire can help to identify these and other alarm medical conditions. The research is aimed to obtain information about cardiovascular screening questionnaires that are available in Russian and foreign sources, to compare questions, describing the current scientific view of the problem, identifying points of contention and moments requiring additional study. In general, modern screening strategies and those from past years correspond to each other and include similar issues that allow identifying sudden cardiac death risk factors in athletes.

**Key words:** cardiac death, sports, athletes, screening, questionnaire

**For citation:** Larintseva OS. Athlete's screening for sudden cardiac death in different countries. History and recent days. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(3):96-103. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.3.96.

Интенсивная физическая нагрузка может являться триггером развития внезапной сердечной смерти у спортсменов с аномалиями и некоторыми заболеваниями сердечно-сосудистой системы, что обосновывает необходимость сердечно-сосудистого скрининга [1].

У спортсменов этой группы существенно повышен риск остановки сердца и внезапной сердечной смерти во время, а иногда и сразу после физической нагрузки

[2-4]. К таким заболеваниям относятся: ишемическая болезнь сердца, аритмогенная дисплазия правого желудочка, гипертрофическая кардиомиопатия, синдромы удлиненного и укороченного интервала QT, аортальный стеноз и некоторые формы врожденных пороков сердца, включая успешно прооперированные, и некоторые другие заболевания [5]. Понятия «спорт» и «смерть» в спортивной среде в настоящее время тесно взаимосвя-



заны [6, 7]. По данным большинства авторов, частота внезапных смертей в спорте из года в год возрастает и значительно превосходит частоту внезапной смерти в популяции [8-17]. 9 из 10 смертей спортсменов связаны с тренировочной и соревновательной деятельностью [18-20]. Как отечественные, так и зарубежные исследователи относят спортсменов к группе высокого риска по развитию патологии сердечно – сосудистой системы, а лидирует в статистике спортивной смертности именно внезапная сердечная смерть (ВСС) [21-27].

Поэтому выявление патологических состояний сердечно-сосудистой системы – важнейший элемент обследования спортсменов. Перед началом тренировок спортсмены с жалобами на синкопальные или пресинкопальные состояния, головокружения во время физической нагрузки или в покое, на ощущения сердцебиения и перебоев в работе сердца должны быть дополнительно обследованы. Анкетирование может способствовать выявлению этих и других состояний [28]. Предметом статьи стал обзор и анализ основных существующих на сегодняшний день в мире опросников для спортсменов по скринингу факторов ВСС: Лозаннские рекомендации, рекомендации 2006 года Американской Коллегии Кардиологов, Американской Кардиологической Ассоциации и Европейского Кардиологического Комитета, монография 2010 года Американской Ассоциацией Сердца о предсезонном обследовании, методическое пособие по предупреждению жизнеопасных состояний при занятиях спортом Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры, 14-ти балльный опросник Американской Коллегии Кардиологов.

#### **Лозаннские рекомендации (2004 год)**

В 2004 году группа экспертов [29] проанализировала 47 научных статей, которые были отобраны в следующих базах данных: Medline (OVID Web, 1966-2004), PubMed (1966-2004), Кокрановская база данных систематических обзоров, обзоры EBM - ACP Journal Club, Cinahl 1982-2004, Heracles, Web of Science, Scopus с 1960 по 2004 г.г. Ученые использовали ключевые слова «внезапная сердечная смерть», «скрининг» в сочетании с «спорт», «спортивная медицина», «спортивные травмы», «упражнения», и «спортсмены».

Статьи являлись либо сообщениями о случаях смерти одного или нескольких спортсменов, или большими ретроспективными, иногда – проспективными исследованиями. Они были опубликованы между 1970 и 2004 г.г. Общее количество зарегистрированных случаев внезапной сердечной смерти среди спортсменов – 1101 случай. Данная таблица была создана для предотвращения ВСС. Группа ученых собрала элементы различных существующих протоколов и исследований, которые помогут лучше всего выявить основные сердечно - сосудистые заболевания, которые могут приводить к ВСС у спортсменов.

Скрининговое анкетирование, по мнению авторов, следует проводить каждому спортсмену. Оно ориенти-

ровано на выявление основных сердечно-сосудистых заболеваний и включает подробный личный анамнез, семейный анамнез, врачебный осмотр и ЭКГ в 12 отведениях. Анкета состоит из закрытых вопросов, в которых требуется ответ «да-нет». Любое «да» требует дальнейшего обследования. Семейный анамнез ориентирован на сердечно-сосудистые заболевания, как врожденные или приобретенные, и преждевременную внезапную смерть. Важно, чтобы врач, выполняющий скрининг, умел сосредоточиться на возможных проблемах с сердечно-сосудистой системой у спортсменов, умел читать ЭКГ в 12 отведениях.

Первый этап делится на разделы.

#### **1 раздел – личный анамнез спортсмена**

Сбор личного анамнеза спортсмена направлен на выявление любых патологических состояний сердечно-сосудистой системы.

Включает следующие вопросы:

- Вы когда-либо падали в обморок или теряли сознание при занятиях спортом?
- У вас когда-либо было ощущение сдавления в грудной клетке?
- Вызывал ли когда-либо бег ощущение сдавления в грудной клетке?
- У вас когда-либо было ощущение сдавления в грудной клетке, кашель, свистящее дыхание, которые вызывали затруднения в процессе занятий спортом?
- Вы когда-нибудь проходили лечение/госпитализировались по поводу бронхиальной астмы?
- У вас когда-либо был сердечный приступ?
- Вам когда-нибудь сообщали, что у вас эпилепсия?
- Вам когда-нибудь предлагали отказаться от спорта из-за проблем со здоровьем?
- Вам когда-нибудь сообщали, что у вас высокое артериальное давление?
- Вам когда-нибудь сообщали, что у вас высокий уровень холестерина?
- Есть ли у вас затруднения дыхания или вы кашляете во время или после занятий спортом?
- Вы когда-нибудь испытывали головокружение во время или после тренировки?
- Возникали ли у вас боли в груди во время или после тренировки?
- Возникло ли у вас когда-либо учащение сердцебиения или ощущение нерегулярного сердцебиения?
- Во время физических упражнений вы устаете быстрее, чем ваши друзья?
- Вам когда-нибудь говорили, что у вас есть шумы в сердце?
- Вам когда-нибудь говорили, что у вас аритмия?
- Есть ли у вас другие проблемы, связанные с сердечно-сосудистой системой?
- Были ли у вас серьезные вирусные инфекции (например, миокардит или мононуклеоз) в течение последнего месяца?

- Вам когда-нибудь говорили, что у вас ревматическая лихорадка?

- Есть ли у вас какие-нибудь аллергии?

- Принимаете ли вы какие-либо лекарства в настоящее время?

- Принимали ли вы какие-либо лекарства в последние два года?

### 2 раздел – семейный анамнез спортсмена

Данный раздел направлен на выявление генетических причин ВСС.

Раздел включает следующие вопросы:

- Умер ли кто-то из ваших родственников моложе 50 лет внезапно и неожиданно?

- Лечились ли от повторяющихся обмороков?

- Были ли необъяснимые приступы?

- Тонули ли во время плавания?

- Возникли ли непредвиденные автомобильные аварии?

- Имела ли место трансплантация сердца?

- Имплантирован ли кардиостимулятор или дефибрилятор?

- Лечились ли от нарушений сердечного ритма?

- Были ли операции на сердце?

- Была ли в вашей семье внезапная смерть младенца?

- Диагностировали ли кому-либо в вашей семье синдром Марфана? Нарушения со стороны соединительной ткани?

### 3 раздел – врачебный осмотр

На этом этапе должны выявляться такие патологические состояния сердечно-сосудистой системы, как: коарктация аорты, дилатация аорты, пролапс митрального клапана, желудочковая экстрасистолия, структурные заболевания сердца, сужение выходного отдела желудочка, патология аортального клапана, артериальная гипертензия, патологическая частота сердечных сокращений для данного возраста (необъяснимая синусовая тахикардия или брадикардия), нарушения сердечного ритма, PR/QRS: WPW волна, укороченный или удлинённый интервал QT, зубец T на ЭКГ как признак кардиомиопатии.

Рекомендованы следующие виды обследований:

Общие: периферическая пульсация, стигмы синдрома Марфана, тонометрия

Аускультация сердца: частота/ритм, шум систолический/диастолический

Диагностические тесты: ЭКГ в 12 отведениях (после наступления полового созревания)

**Второй этап** следует за первым в случае наличия положительных ответов в истории болезни (личном или семейном анамнезе) или в диагностических обследованиях первого этапа. Дополнительные обследования должны выполнять кардиолог.

Обследования на втором этапе выбираются в соответствии с типом диагностических находок.

### Рекомендации Американской Коллегии Кардиологов, Американской Кардиологической Ассоциации и Европейского Кардиологического Комитета (2006 год)

Согласно практическим рекомендациям 2006 года Американской Коллегии Кардиологов, Американской

Кардиологической Ассоциации и Европейского Кардиологического Комитета [30] касательно предотвращения внезапной сердечной смерти у спортсменов, рекомендации делились на классы, в первый из которых, с уровнем достоверности C, входит сбор анамнеза, включая семейный (на предмет выявления кардиомиопатий, аномалий ионных каналов и др.), и медицинский осмотр. Конкретные вопросы относительно анамнеза данными рекомендациями не приводятся, но отмечается, что анамнез имеет ограниченную диагностическую ценность.

Уже в 2006 году сообщалось, что низкая встречаемость аномалий делает скрининг не очень рентабельным. Обычное физикальное обследование может не выявить клинически значимых аномалий.

ЭКГ в покое может выявлять нарушения ритма, аномальную реполяризацию и деполаризацию, такие как синдромы удлинённого и укороченного интервала QT, синдром Бругада, синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта (WPW), аномалии, связанные с гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП). Однако эти данные у подростков и молодых спортсменов могут быть не показательными. Эхокардиография же может выявлять структурные аномалии, но не выявить аномалии коронарных артерий. Тем не менее, в 2006 году Американской Коллегией Кардиологов, Американской Кардиологической Ассоциацией и Европейским кардиологическим комитетом рекомендовалось, чтобы все спортсмены проходили скрининг – ЭКГ и, при необходимости, эхокардиографию (например, при выявлении патологии на ЭКГ, в анамнезе) в дополнение к сбору анамнеза и медицинскому обследованию [30].

### Монография Американской Ассоциации Сердца о предсезонном обследовании (2010 год)

Документ был впервые опубликован в 1992 году и затем подвергался периодическим пересмотрам, причем последнее (четвертое) издание было опубликовано в 2010 году [31]. Монография представляет собой совместный проект 6 медицинских организаций, широкого круга врачей, выполняющих предсезонный скрининг, а последнее издание одобрено Американской Ассоциацией Сердца (ААС). Монография представляет рекомендуемый стандартизированный анамнестический опросник, который включает, в том числе, и 13 вопросов по поводу личного и семейного анамнеза, связанных с кардиоваскулярным скринингом на основе рекомендаций американской ассоциации сердца. Эти вопросы немного отличаются от текущей анкеты ААС (2016) [32]:

Вопросы о состоянии вашей сердечно-сосудистой системы:

1. Были ли у вас когда-либо дискомфорт, боль, или ощущение сдавливания в грудной клетке во время упражнений?

2. Вы когда-нибудь теряли сознание или испытывали предобморочные состояния во время или после тренировки?

3. Возникают ли у вас одышка или усталость быстрее, чем у ваших друзей во время упражнений?

4. Вы чувствуете головокружение или большую одышку, чем ожидалось, во время тренировки?

5. Учащается ли ваше сердцебиение или происходит пропуск ударов сердца во время упражнений?

6. Сообщал ли вам когда-нибудь врач, что у вас есть проблемы с сердечно-сосудистой системой? Если да, отметьте соответствующие пункты:

- повышенное артериальное давление;
- сердечный шум;
- высокий уровень холестерина;
- инфекционные заболевания сердца;
- болезнь Кавасаки;
- другое.

7. Врач когда-либо запрещал или ограничивал вашу спортивную деятельность по какой-либо причине?

8. Назначал ли вам врач обследование сердечно-сосудистой системы? Например, ЭКГ/эхокардиографию (ЭхоКГ)

9. Случался ли у вас необъяснимый сердечный приступ?

**Вопросы о состоянии сердечно-сосудистой системы у членов вашей семьи:**

10. Умер ли кто-то из ваших родственников в связи с заболеваниями сердечно-сосудистой системы или неожиданно до 50 лет (включая утопление, необъяснимую автомобильную аварию или синдром внезапной детской смерти)?

11. Есть ли у кого-либо в вашей семье гипертрофическая кардиомиопатия, синдром Марфана, аритмогенная правожелудочковая кардиомиопатия, синдром длинного QT, синдром короткого QT, синдром Бругада или катехоламинергическая полиморфная желудочковая тахикардия?

12. У кого-нибудь из членов вашей семьи есть заболевание сердечно-сосудистой системы, кардиостимулятор или имплантированный дефибриллятор?

13. У кого-нибудь из вашей семьи были необъяснимые обмороки, сердечные приступы? Был ли кто-то из вашей семьи близок к утоплению?

#### **Медицинское обследование**

1. Сердечные шумы (аускультация), расположение точки максимального импульса.

2. Пульсация

- Одновременная бедренная и лучевая пульсация

3. Внешность

- Признаки синдрома Марфана (кифосколиоз, высокое куполообразное небо, rectus excavatum, арахнодактилия, гиперэластичность, миопия, аортальная недостаточность и др.)

4. Артериальное давление

ААС считает, что предсезонный сердечно-сосудистый скрининг у спортсменов должен включать стандартизованную личную и семейную историю и медицинский осмотр. ЭКГ-скрининг может повысить

вероятность выявления потенциально смертельных состояний сердечно-сосудистой системы, если врач обладает соответствующей квалификацией и ему доступна кардиологическая экспертиза.

#### **Методическое пособие по предупреждению жизнеопасных состояний при занятиях спортом Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры (2014 год)**

Анкета для спортсменов содержит следующие вопросы:

**1 раздел** (предполагается, что спортсмен самостоятельно вписывает ответ на перечисленные ниже вопросы):

- Дата
- Возраст
- Пол
- Вид спорта

**2 раздел.** Содержит вопросы по семейному анамнезу, по состоянию здоровья спортсмена:

- Внезапная смерть родственников в возрасте до 50 лет

- Наличие у родственников заболеваний сердца и сосудов, выявленных в возрасте до 50 лет

- Наличие у родственников заболеваний с нарушением сердечного ритма

Бывают ли у Вас:

- Обмороки
- Предобморочные состояния
- Головокружения
- Боли в области сердца
- Сердцебиения
- Перебои в работе сердца
- Слабость при физической нагрузке
- Эпизоды повышения артериального давления
- «Шум» в висках после физических упражнений

Мне приходилось прерывать занятия из-за(ответ обвести)

- Болей в области сердца
- Из-за «нехватки» воздуха
- Из-за возникновения предобморочного состояния (резкая слабость, головокружение, появление «звездочек» перед глазами)

**3 раздел** содержит вопросы по данным функционального обследования:

- Нарушение ритма сердца, выявленное у Вас на ЭКГ ранее

- Снижение частоты пульса меньше чем 45 ударов в минуту в покое (сидя)

Опросник был применен для анкетирования 136 спортсменов высокой квалификации и показал, что спортсмены, получившие 7 баллов, нуждались в контроле (75 квартиль), а спортсмены, получившие 16 баллов и выше (95 центиль) имели высокий риск внезапной смерти. Пять из опрошенных спортсменов, занесенных по результатам анкетирования в группу высокого риска, имели также предикторы ВСС, выявленные при объективном обследовании.



**14-ти балльный опросник Американской Коллегии Кардиологов**

В апреле 2016 года журналом Американской Коллегии Кардиологов (Journal of the American College of Cardiology) было опубликовано [32] новое руководство по предотвращению внезапной сердечной смерти у спортсменов (студентов колледжей).

Эти рекомендации, на данный момент, являются самыми актуальными: Американская Ассоциация Сердца и Американская Коллегия Кардиологов сейчас рекомендуют проведение медицинского осмотра и сбор семейного анамнеза с использованием 14-ти-балльного опросника и/или стандартизированного анамнестического опросника монографии о предсезонном обследовании [31] для определения риска сердечно-сосудистых заболеваний до того, как спортсмен приступает к тренировкам. Важно, что рутинное повсеместное использование в скрининге электрокардиографии обоими организациями ставится под сомнение, хотя авторы не отрицают, что ЭКГ-скрининг может повысить вероятность выявления потенциально смертельных состояний сердечно-сосудистой системы, если врач обладает соответствующей квалификацией и ему доступна кардиологическая экспертиза.

ЭКГ в 12 отведениях не может выявить некоторые жизнеугрожающие состояния, интерпретация результатов ЭКГ может значительно варьировать от мнения разных врачей. Важно, что у 0,25% прошедших скрининг атлетов были выявлены потенциально опасные сердечные состояния [33].

И все же за последнее десятилетие число смертей среди атлетов NCAA как на соревнованиях, так и вне соревнований составило в среднем 7,9 смертей в год [34]. Предположительно, ЭКГ-скрининг может выявлять сердечные состояния, которые не приводят к нежелательным последствиям или демонстрировать ложно - положительные результаты, что, в конечном счете, приводит к ненужным вмешательствам, неоправданному назначению лечения и созданию трудностей в соревновательной деятельности и дальнейшей жизни спортсменов, а именно, отстранение от спорта и проблемы со страхованием [35].

Тем не менее, вышеописанные организации не призывают отказываться от проведения ЭКГ у студентов – спортсменов тем учреждениям, которые его уже выпол-

няют, но упоминают, что ЭКГ должны проводить только врачи, получившие образование в соответствии с рекомендациями этих организаций [32].

14-тибалльный опросник содержит следующие вопросы:

**Личный анамнез**

1. Боль в груди/дискомфорт/стеснение/сдавление, связанные с физической нагрузкой

2. Потеря сознания без причины/предобморочные состояния

3. Чрезмерная и необъяснимая одышка/учащенное сердцебиение или ощущение сердцебиения, связанные с нагрузкой

4. Выявление сердечного шума ранее

5. Повышенное артериальное давление

6. Отвод от занятий спортом в анамнезе

7. Обследование на предмет наличия сердечно-сосудистых заболеваний, назначенное врачом в анамнезе

**Семейный анамнез**

8. Преждевременная смерть у родственников до 50 лет, связанная с сердечными заболеваниями (у 1 или более родственников)

9. Инвалидность, связанная с заболеваниями сердечно-сосудистой системы у близкого родственника моложе 50 лет

10. Гипертрофическая или дилатационная кардиомиопатия, синдром удлиненного QT или другие ионные каналопатии, синдром Марфана

**Медицинское обследование**

11. Сердечный шум

12. Пульсация бедренной артерии для исключения коарктации

13. Признаки синдрома Марфана

14. Артериальное давление на плечевой артерии сидя

Проведенный анализ существующих на сегодняшний день в мире опросников по скринингу спортсменов на предмет внезапной сердечной смерти показал, что в целом анкеты и их основные пункты соответствуют друг другу и включают вопросы, позволяющие выявить потенциально опасные состояния сердечно-сосудистой системы, возможные генетические заболевания (семейный анамнез) и, в некоторых случаях, результаты обследований.

В то же время необходимо признать, что единой тактики проведения скрининга атлетов на предмет внезапной сердечной смерти в мире к настоящему времени не выработано.

**Список литературы**

1. Asif IM, Harmon KG. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Death: New Updates for Athletic Departments // Sports Health. 2017. Vol.9, №3. P. 268-79. DOI: 10.1177/1941738117694153.
2. Schmied C, Borjesson M. Sudden cardiac death in athletes // Journal of Internal Medicine. 2017. Vol.275, №2. P. 93-103.
3. Neilan TG, Januzzi JL, Lee-Lewandrowski E et al. Myocardial Injury and Ventricular Dysfunction Related to Training

**References**

1. Asif IM, Harmon KG. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Death: New Updates for Athletic Departments. Sports Health. 2017;9(3):268-79. DOI: 10.1177/1941738117694153.
2. Schmied C, Borjesson M. Sudden cardiac death in athletes. Journal of Internal Medicine. 2017;275(2):93-103. DOI: 10.1111/joim.12184.
3. Neilan TG, Januzzi JL, Lee-Lewandrowski E, Ton-Nu TT, Yowrger DM et. al. Myocardial Injury and Ventricular Dysfunction



Levels Among Nonelite Participants in the Boston Marathon // *Circulation*. 2006. Vol.114. P. 2325-33.

4. **Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO.** Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006 // *Circulation*. 2009. Vol.119, №8. P. 1085-92.

5. **Wilson MG, Drezner JA, Sharma S.** IOC Manual of Sports Cardiology. Wiley-Blackwell: Wiley & Sons Ltd. 2016. 528 p.

6. **Парк Р.Э.** Избранные очерки сборника переводов центра социальных научно-информационных исследований отделения социологии и социальной психологии: сост. и пер. с англ. В.Г. Николаев. М., 2011. С. 27-38.

7. **Песколлер Х.** Мгновения невозможной свободы // Международный журнал исследований культуры. 2011. №3. С. 44-50.

8. **Макарова Г.А.** Проблема риска внезапной смерти при занятиях физической культурой и спортом // Вестник спортивной медицины России. 1992. №1. С. 18-22.

9. **Семин С.Н., Крахмалева И.Н., Виноградова О.Л.** Синдром внезапной смерти и элитный спорт. Сборник статей «Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях напряженных физических нагрузок». М., 2004. С. 80-7.

10. **Passino C, Franzoni F, Gabutti A, Poletti R.** Abnormal ventricular repolarization in hypertensive patients: role of sympatho-vagal imbalance and left ventricular hypertrophy // *Int. J. Cardiol*. 2004. Vol.97, №1. P. 57-62. DOI: 10.1016/j.ijcard.2003.07.029

11. **Chee CE, Anastassiades CP, Petsas AA, Anastassiades LC, Antonopoulos AG.** Cardiac hypertrophy and how it may break an athlete's heart – the Cypriot case // *Eur. J. Echocardiogr*. 2005. Vol.6, №4. P. 301-7. DOI: 10.1016/j.euje.2004.11.009.

12. **Franklin BA, Fletcher GF, Gordon NF, Noakes TD, Ades PA et. al.** Cardiovascular evaluation of the athlete. Issues regarding performance, screening and sudden cardiac death // *Sports Medicine*. 1997. Vol.24, №2. P. 97-119.

13. **Fuller CM.** Cost effectiveness analysis of screening of high school athletes for risk of sudden cardiac death // *Med Sci Sports Exerc*. 2000. Vol.32, №5. P. 887-90.

14. **Shiroma EJ, Lee IM.** Physical activity and cardiovascular health: lessons learned from epidemiological studies across age, gender, and race/ethnicity // *Circulation*. 2010. Vol.122, №7. P. 743-53.

15. **Shepherd J, Cobbe SM, Ford I, Isles CG, Lorimer AR et. al.** Prevention of coronary heart disease with pravastatin in men with hypercholesterolemia. West of Scotland Coronary Prevention Study Group // *N Engl J Med*. 1995. Vol.333, №20. P. 1301-7.

16. **Pelliccia A, Di Paolo FM, Maron BJ.** The athlete's heart: remodeling, electrocardiogram and preparticipation screening // *Cardiol Rev*. 2002. Vol.10, №2. P. 85-90.

17. **Drezner JA, Fudge J, Harmon KG, Berger S, Campbell RM et. al.** Warning symptoms and family history in children and young adults with sudden cardiac arrest // *J Am Board Fam Med*. 2012. Vol.25, №4. P. 408-15.

18. **Зубов Л.А.** Внезапная сердечная смерть у детей и подростков // Медицина неотложных состояний. Избранные клинические лекции. 2008. Т.3. С. 281-306.

19. **Никонова В.В.** Внезапная кардиальная смерть у детей и подростков: проблемы диагностики. Направления профилактики // МНС. 2013. №3. С. 22-9.

20. **Pedoe DT.** Sudden cardiac death in sport – spectre or preventable risk? // *Br J Sports Med*. 2000. Vol.34, №2. P. 137-40.

21. **Валанчюте А.Л., Лясаускайте В.В.** Внезапная смерть молодых спортсменов: данные посмертной коронарографии // Архив патологии. 1994. Т.26, №2. С. 42-4.

Related to Training Levels Among Nonelite Participants in the Boston Marathon. *Circulation*. 2006;114:2325-33. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.647461.

4. **Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO.** SuddenDeaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119(8):1085-92. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.804617.

5. **Wilson MG, Drezner JA, Sharma S.** IOC Manual of Sports Cardiology Wiley & Sons. 2016:528.

6. **Park RE.** Izbrannye ocherki sbornika perevodov tsentra sotsialnykh naucho-informatsionnykh issledovaniy otdeleniya sotsiologii i sotsialnoy psihologii. Sost. i per. s angl NikolaeVG. Moscow, 2011:27-38. Russian.

7. **Peskholer H.** Mgnoveniya nevozmozhnoi svobody. Mezhdunarodnyy zhurnal issledovaniy kulury. 2011;3:44-50. Russian.

8. **Makarova GA.** Problema riska vnezapnoy smerti pri zanyatiyah fizicheskoy kulturoy i sportom. Vestnik sportivnoy meditsiny Rossii. 1992;1:18-22. Russian.

9. **Semin SN, Krahmaleva IN, Vinogradova OL.** Sindrom vnezapnoy smerti i elitny sport. Sbornik statey «Mediko-biologicheskie tehnologii povysheniya rabotosposobnosti v usloviyah napryazhennykh fizicheskikh nagruzok». Moscow. 2004:80-7. Russian.

10. **Passino C, Franzoni F, Gabutti A, Poletti R.** Abnormal ventricular repolarization in hypertensive patients: role of sympatho-vagal imbalance and left ventricular hypertrophy. *Int. J. Cardiol*. 2004;97(1):57-62. DOI: 10.1016/j.ijcard.2003.07.029.

11. **Chee CE, Anastassiades CP, Petsas AA, Anastassiades LC, Antonopoulos AG.** Cardiac hypertrophy and how it may break an athlete's heart – the Cypriot case. *Eur. J. Echocardiogr*. 2005;6(4):301-7. DOI: 10.1016/j.euje.2004.11.009.

12. **Franklin BA, Fletcher GF, Gordon NF, Noakes TD, Ades PA et. al.** Cardiovascular evaluation of the athlete. Issues regarding performance, screening and sudden cardiac death. *Sports Medicine*. 1997;24(2):97-119. DOI: 10.2165/00007256-199724020-00003.

13. **Fuller CM.** Cost effectiveness analysis of screening of high school athletes for risk of sudden cardiac death. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(5):887-90.

14. **Shiroma EJ, Lee IM.** Physical activity and cardiovascular health: lessons learned from epidemiological studies across age, gender, and race/ethnicity. *Circulation*. 2010;122(7):743-53. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.914721.

15. **Shepherd J, Cobbe SM, Ford I, Isles CG, Lorimer AR et. al.** Prevention of coronary heart disease with pravastatin in men with hypercholesterolemia. West of Scotland Coronary Prevention Study Group. *N Engl J Med*. 1995;333(20):1301-7. DOI: 10.1056/NEJM199511163332001.

16. **Pelliccia A, Di Paolo FM, Maron BJ.** The athlete's heart: remodeling, electrocardiogram and preparticipation screening. *Cardiol Rev*. 2002;10(2):85-90.

17. **Drezner JA, Fudge J, Harmon KG, Berger S, Campbell RM et. al.** Warning symptoms and family history in children and young adults with sudden cardiac arrest. *J Am Board Fam Med*. 2012;25(4):408-15. DOI: 10.3122/jabfm.2012.04.110225.

18. **Zubov LA.** Vnezapnaya serdechnaya smert u detey i podrostkov. Meditsinan eotlozhnyh sostoyaniy. Izbrannye klinicheskie liksii. 2008;3:281-306. Russian.

19. **Nikonova VV.** Vnezapnaya kardiyalnaya smert u detey i podrostkov: problemy diagnostiki. Napravleniya profilaktiki. MNS. 2013;3:22-9. Russian.

20. **Pedoe DT.** Sudden cardiac death in sport – spectre or preventable risk? *Br J Sports Med*. 2000;34(2):137-40. DOI: 10.1136/bjbm.34.2.137.

22. **Гаврилова Е.А.** Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия. М.: Советский спорт, 2007. 9 с.
23. **Земцовский Э.В.** Спортивная кардиология. СПб.: Гиппократ, 1995. 448 с.
24. **Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н., Ардашев А.В.** Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти // Клиническая практика. 2012. №4. С. 25-9.
25. **Thiene G, Pennelli N, Rossi L.** Cardiac conduction system abnormalities as a possible cause of sudden death in young athletes // *Hum Pathol.* 1983. Vol.14, №8. P. 704-9.
26. **Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, Vanhees L, Biffi A et. al.** Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology // *Eur Heart J.* 2005. Vol.26, №5. P. 516-24.
27. **Moustaghfir A, Hda A, Benyass A, Zahi M, Boukili A. et. al.** Heart and sports: modifications of electrocardiogram, late potentials and echocardiography. Study of 75 sportsmen and 46 witnesses // *Ann Cardiol Angeiol (Paris).* 2002. Vol.51, №4. P. 188-92.
28. **Загородный Г.М., Гаврилова Е.А., Лоцицкий Е.А.** Профилактика внезапной смерти в спорте. Мн.: РУМЦМСиТРБ, 2013. 50с.
29. **Billea K, Figueirasb D, Schamaschc P, Kappenbergerc L, Brennerc IJ et. al.** Lausanne Recommendations: sudden cardiovascular death in sport. Preparticipation cardiovascular screening. Under the umbrella of the International Olympic Committee Medical Commission, 2004. 56 p.
30. **Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M, Buxton AE, Chaitman B et. al.** ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death // *Journal of the American College of Cardiology.* 2006. Vol.48, №5. P. 247-346.
31. **Bernardt TD, Roberts OW.** Preparticipation Physical Evaluation // *American Academy of Pediatrics.* 2010. P. 167.
32. **Hainline B, Drezner JA, Baggish A, Harmon KG, Emery MS et. al.** Inter association consensus statement on cardiovascular care of college-student-athletes // *Journal of the American College of Cardiology.* 2016. Vol.67, №25. P. 2981-95.
33. **Drezner J.** Electrocardiographic screening in NCAA athletes: a 2-year multicenter feasibility trial // Paper presented at: NCAA Cardiac Summit. Indianapolis. IN. 2014. September 16.
34. **Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM et. al.** Incidence, Cause, and Comparative Frequency of Sudden Cardiac Death in National Collegiate Athletic Association Athletes: A Decade in Review // *Circulation.* 2015. Vol.132, №1. P. 10-9.
35. **Brabandt VB, Desomer A, Gerkens S, Neyt M.** Harms and benefits of screening young people to prevent sudden cardiac death // *BMJ.* 2016. Vol.1, №2. P. i1156. DOI: 10.1136/bmj.i1156.
21. **Valanchuyte AL, Kyasauskayte VV.** Vnezapnaya smert molodyh sportsmenov: dannye posmertnoy koronografii. Arhiv patologii. 1994;26:42-4. Russian.
22. **Gavrilova EA.** Sportivnoe serdtse. Stressornaya kardio-miopatiya. Moscow, Sovetskiy sport. 2007. 9 p. Russian.
23. **Zemstovskiy EV.** Sportivnaya akardiologiya. Saint-Petersburg, Gippokrat. 1995. 448 p. Russian.
24. **Shlyaheto EV, Arutyunov GP, Belenkov YuN, Ardashev AV.** Natsionalnye rekomendatsii po opredeleniyu riska i profilaktike vnezapnoy serdechnoy smerti. Klinicheskaya praktika. 2012;4:25-9. Russian.
25. **Thiene G, Pennelli N, Rossi L.** Cardiac conduction system abnormalities as a possible cause of sudden death in young athletes. *Hum Pathol.* 1983;14(8):704-9.
26. **Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, Vanhees L, Biffi A et. al.** Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2005;26(5):516-24. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi108.
27. **Moustaghfir A, Hda A, Benyass A, Zahi M, Boukili A et. al.** Heart and sports: modifications of electrocardiogram, late potentials and echocardiography. Study of 75 sportsmen and 46 witnesses. *Ann Cardiol Angeiol (Paris).* 2002;51(4):188-92.
28. **Zagorodyy GM, Gavrilova EA, Lositskiy EA.** Profilaktika vnezapnoy smerti v sporte. Minsk, RUMTS MSiT, 2013. 50 p. Russian.
29. **Billea K, Figueirasb D, Schamaschc P, Kappenbergerc L, Brennerc IJ et. al.** Lausanne Recommendations: sudden cardiovascular death in sport. Preparticipation cardiovascular screening. Under the umbrella of the International Olympic Committee Medical Commission, 2004. 56 p.
30. **Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M, Buxton AE, Chaitman B et. al.** ACC/AHA/ESC 2006 Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. *Journal of the American College of Cardiology.* 2006;48(5):247-346. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.07.010.
31. **Bernardt TD, Roberts OW.** Preparticipation Physical Evaluation. *American Academy of Pediatrics.* 2010:167.
32. **Hainline B, Drezner JA, Baggish A, Harmon KG, Emery MS et. al.** Inter association consensus statement on cardiovascular care of college-student-athletes. *Journal of the American College of Cardiology.* 2016;67(25):2981-95. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.03.527.
33. **Drezner J.** Electrocardiographic screening in NCAA athletes: a 2-year multicenter feasibility trial (Paper presented at: NCAA Cardiac Summit. Indianapolis. IN), 2014. September 16.
34. **Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM et. al.** Cause, and Comparative Frequency of Sudden Cardiac Death in National Collegiate Athletic Association Athletes: A Decade in Review. *Circulation.* 2015;132(1):10-9. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015431.
35. **Brabandt HV, Desomer A, Gerkens S, Neyt M.** Harms and benefits of screening young people to prevent sudden cardiac death. *British Journal of Sports Medicine.* 2016;1(2):i1156. DOI: 10.1136/bmj.i1156.

**Сведения об авторе:**

Ларинцева Ольга Сергеевна, аспирант кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины СЗГМУ им. И. И. Мечникова. ORCID ID: 0000-0002-2144-8256 (+7 (931) 229-66-59, lorantalassa@mail.ru)

**Information about the author:**

Olga S. Larintseva, Ph.D., Postgraduate Student of Exercise Therapy and Sports Medicine Department of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. ORCID ID: 0000-0002-2144-8256 (+7 (931) 229-66-59, lorantalassa@mail.ru)

Поступила в редакцию: 14.07.2018

Принята к публикации: 24.07.2018

Received: 14 July 2018

Accepted: 24 July 2018

**Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»**



**Руководство  
«Тейпирование в спортивной  
и клинической медицине»**

**Энн Кейл**

**Перевод под научной редакцией  
проф. Ачкасова Е.Е., Касаткина М.С.**

Тейпирование – одна из технологий в области медицинской реабилитации и спортивной медицины – активно внедряется в клиническую практику в последние два десятилетия. В книге подробно рассматриваются виды терапевтических аппликаций, описываются различные методы функциональной диагностики и тестирования травматологических и ортопедических заболеваний, а также выбора ортопедических изделий.

Данная книга будет полезна специалистам по спортивной медицине и лечебной физкультуре, травматологам и ортопедам, а также студентам старших курсов медицинских вузов.

Книги можно заказать на сайте издательства «Спорт»: <http://www.olimpress.ru>





### Мониторинг частоты сердечных сокращений в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте

Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е.

В теоретической части книги представлены сведения о влиянии физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему, частоту сердечных сокращений (ЧСС) в покое и при физической нагрузке, а также о факторах, влияющих на ЧСС. Описаны регуляторные механизмы, позволяющие обеспечить адаптацию организма к изменяющимся условиям функционирования, и процессы энергетического обеспечения организма при выполнении мышечной деятельности. Тренерам, спортсменам, а также лицам, занимающимся оздоровительной физической культурой, и пациентам, в том числе, кардиологического профиля, пользующимся мониторами частоты сердечных сокращений для наблюдения за деятельностью организма при физической нагрузке, предоставлена возможность выбора нагрузочных зон для повышения функциональных возможностей организма.

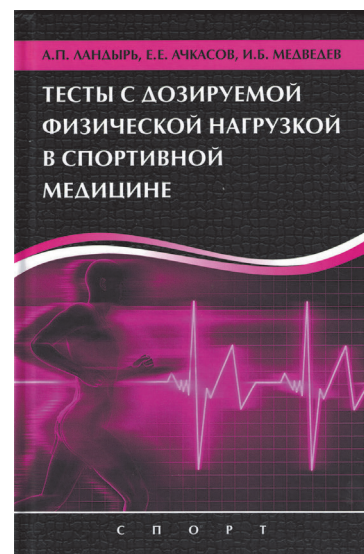
В практической части книги приведены примеры использования мониторов для регистрации ЧСС, проведения анализа и оценки полученных данных разными категориями пользователей. Продемонстрированы возможности использования полученных данных при планировании величины тренировочных и лечебных физических нагрузок, при проведении динамических наблюдений, для сравнения и оценки полученных данных. Показано, что применение мониторов ЧСС при выполнении физических нагрузок позволяет сделать тренировочный процесс или курс лечебной физкультуры отслеживаемыми, дозируемыми и безопасными, что в целом значительно повышает их эффективность.

### Тесты с дозируемой физической нагрузкой в спортивной медицине

Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Медведев И.Б.

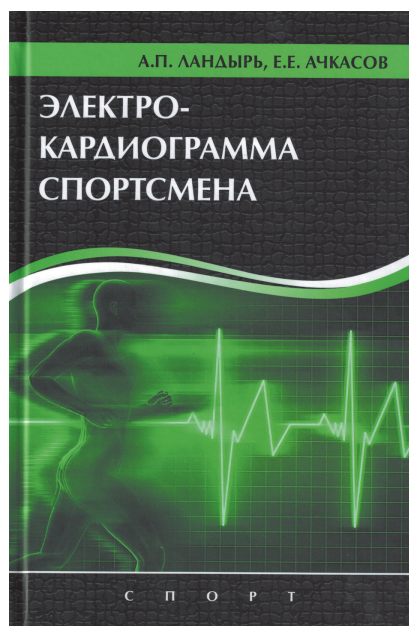
В книге даются рекомендации по проведению тестов с дозированной субмаксимальной и максимальной физической нагрузкой на велоэргометрах, движущейся дорожке, гребном эргометре и при выполнении степ-теста для спортсменов разных видов спорта и разного уровня спортивного мастерства, а также занимающихся оздоровительной физической культурой. Приводятся примеры расчета и оценки определяемых функциональных показателей и даются практические рекомендации по проведению заключительной оценки результатов выполненного теста.

Книга рассчитана на спортивных врачей, тренеров и спортсменов для получения информации об особенностях адаптации организма к дозированным физическим нагрузкам и лучшего понимания результатов проведенного обследования.



### Электрокардиограмма спортсмена

Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е.



В книге дается анализ особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам и их влияния на формирование ЭКГ спортсмена. Представлена диагностическая составляющая (текстовая и визуальная) физиологических признаков и патологических отклонений на ЭКГ у спортсменов и указано на необходимость проведения дифференциальной диагностики этих изменений. Акцентировано внимание на диагностике нарушений ЭКГ, способных стать причиной внезапной сердечной смерти у спортсменов, представлены практические методики по оказанию первой медицинской помощи при жизнеопасных состояниях, обусловленных сердечной патологией.

Книга предназначена для спортивных врачей, однако будет полезна также врачам клинических специальностей при постановке диагноза, назначении лечения и принятии решения о допуске спортсменов с отклонениями на ЭКГ к выполнению тренировочных и соревновательных нагрузок.