



#### 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 кафедры 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)

**Дидур М.Д.** – проф., д.м.н., зав. каф. физических методов лечения и спортивной медицины ПСПбГМУ им. И.П. Павлова (Россия, Санкт-Петербург)

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

**Касрадзе П.А.** – проф., д.м.н., директор департамента спортивной медицины и медицинской реабили-

тации Центральной Университетской клиники и зав. каф. спортивной медицины и медицинской реабилитации Тбилисского государственного медицинского университета (Грузия, Тбилиси)

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

**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)

**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)

**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)

**Поляков С.Д.** – проф., д.м.н., зав.отделом лечебной физкультуры и спортивной медицины Научного центра здоровья детей Минздрава России (Россия, Москва)

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

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

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

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

**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 кафедры физиологии и фармакологии «Витторио Эрспамер», университет Сапиенца (Италия, Рим)

**Вулкан Шери** – доктор медицины, профессор кафедры наук о здоровье и специалистов в области здравоохранения, университет 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)

**Епифанов А.В.** – проф., д.м.н., зав. каф. восстановительной медицины МГМСУ им. А.И. Евдокимова (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** – доктор медицины, профессор, проректор римского университета «Форо Италико», травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт» (Италия, Рим)

**Рахманин Ю.А.** – акад. РАН, проф., д.м.н., директор НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина (Россия, Москва)

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



### 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

### CHIEF EDITOR:

**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)

### DEPUTY CHIEF 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., M.Sc. (Linguistics), Assistant 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)

**Mikhail Didur** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Exercise Therapy and Sports Medicine of the Pavlov Saint-Petersburg State Medical University (Saint-Petersburg, Russia)

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

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

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

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

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

**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)

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

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

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

**Sergey Polyakov** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Physical Training and Sports Medicine of Scientific Centre of Children's Health of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow, Russia)

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

**Andrey 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, Full Member of the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow, Russia)

**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 Ersparmer», Sapienza University of Rome (Rome, Italy)

**Sherry Wulkan** – M.D., Adjunct Professor of the Department of Health Sciences and Health Professions, 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)

**Aleksandr Epifanov** – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Medical Rehabilitation of the Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (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 Italic» 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, Director of the Sysin Scientific Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene (Moscow, Russia)

**Aleksandr Shkrebko** – 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)

**РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

- Физиология и биохимия спорта
- Спортивное питание
- Фармакологическая поддержка
- Антидопинговое обеспечение
- Неотложные состояния
- Реабилитация
- Функциональная диагностика
- Биомедицинские технологии
- Спортивная гигиена
- Спортивная травматология
- Спортивная психология
- Социология и педагогика в спорте
- Организация тренировочного процесса
- Врачебный контроль
- Паралимпийский спорт
- Медицинское сопровождение ветеранов спорта
- Организация медицины спорта
- Резолюции конференций и интервью
- Медицинское образование
- Новости
- Памятные даты

**Виды публикуемых материалов:**

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



**Издатель:**

ООО 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

**Заведующий 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:**

www.smjournal.ru  
www.rusvrach.ru

Подписано в печать 25.12.2017  
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. Печатаются 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.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 90998

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Физиология и биохимия спорта**

- Р. С. Рахманов, Т. В. Блинова, Л. А. Страхова, С. А. Колесов, В. В. Трошин**  
Оценка состояния окислительного стресса и антиоксидантной защиты спортсменов при включении в рацион питания специального продукта спортивного питания ..... 5
- О. В. Парыгина, Ю. А. Матвеев**  
Обоснование необходимости коррекции программ физической подготовки по данным стабилотрии ..... 12

**Функциональная диагностика**

- Н. Г. Варламова, Т. П. Логинова, И. О. Гарнов, Н. Н. Тимофеев, Е. Р. Бойко**  
Динамика порога анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле ..... 19
- П. К. Прусов, И. Г. Иусов**  
Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности ..... 25
- С. В. Синцова, Ю. С. Лелекова, А. А. Метелева**  
Клиническая эффективность применения минералосодержащих препаратов и янтарной кислоты у спортсменов ..... 30
- Н. М. Попова, А. А. Бурт, А. В. Тарасова**  
Плантографическое исследование стоп и оценка качества жизни детей, занимающихся танцами ..... 36
- Е. В. Харламов, Н. М. Попова, И. Н. Жучкова, А. В. Менькова**  
Характеристика состояний тренированности гребцов подросткового возраста ..... 42

**Реабилитация**

- А. В. Клеменов**  
Ходьба спиной вперед в спортивных тренировках и медицинской реабилитации ..... 49
- О. С. Васильев, С. П. Левушкин, И. А. Берзин**  
Поуровневая нейрореабилитация типичных повреждений опорно-двигательного аппарата у квалифицированных спортсменов ..... 55

**Спортивная травматология**

- В. П. Пушкарев, Д. А. Дятлов, Р. Р. Ахметьянов, А. М. Чмутов, Ю. Э. Пушкарева, Л. Н. Полляк**  
Ассоциация вариации rs12722 COL5A1 гена с риском разрыва передней крестообразной связки коленного сустава ..... 63

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



**FEATURED TOPICS:**

- Sports Physiology and Biochemistry
- Sports Supplements
- Sports Pharmacology
- Doping Studies
- Prehospital Care and Emergency Medicine
- Rehabilitation
- Functional Testing
- Biomedical Technologies
- Sports Hygiene
- Sports Traumatology
- Sports Psychology
- Sports Sociology and Pedagogics
- Organization of Training Process
- Medical Control
- Paralympic Sports
- Medical Care for Retired Athletes
- Sports Medicine Management
- Sports Medicine Conferences Digest and Interviews
- Medical Education
- News
- Anniversaries and Memorable Days

**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:**

www.smjournal.ru  
www.rusvrach.ru

Subscribed into printing 25.12.2017  
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.

«Russian Press» catalog index 90998

**CONTENTS**

**Sports Physiology and Biochemistry**

- R. S. Rakhmanov, T. V. Blinova, L. A. Strakhova, S. A. Kolesov, V. V. Troshin*  
Evaluation of oxidative stress status and antioxidant defense status of athletes after inclusion of a special product for sportive nutrition in their food ration. . . . . 5
- O. V. Parygina, Yu. A. Matveev*  
Substantiation of the need for physical training programs correction based on stabilometry data . . . . . 12

**Functional Testing**

- N. G. Varlamova, T. P. Loginova, I. O. Garnov, N. N. Timofeev, E. R. Boyko*  
Dynamics of the anaerobic threshold of ski racers throughout the annual training cycle. . . . . 19
- P. K. Prusov, I. G. Iusov*  
Feature of heart rate recovery in young athletes after a bicycle load of different intensity. . . . . 25
- S. V. Sintsova, Yu. S. Lelekova, A. A. Meteleva*  
Clinical efficacy of mineral-containing preparations and succinic acid in athletes . . . . . 30
- N. M. Popova, A. A. Burt, A. V. Tarasova*  
Plantography research of feet and estimation of the quality of the life of children keen on dancing . . . . . 36
- E. V. Kharlamov, N. M. Popova, I. N. Zhuchkova, A. V. Menkova*  
Characteristics of training condition of adolescence rowers . . . . . 42

**Rehabilitation**

- A. V. Klemenov*  
Walking backwards in sports training and medical rehabilitation. . . . . 49
- O. S. Vasiliev, S. P. Levushkin, I. A. Berzin*  
A step-by-step neurorehabilitation of common injuries of the musculoskeletal system in the high level athletes. . . . . 55

**Sports Traumatology**

- V. P. Pushkarev, D. A. Dyatlov, R. R. Akhmetyanov, A. M. Chmutov, Yu. E. Pushkareva, L. N. Pollyak*  
Association of rs12722 COL5A1 gene variation with risk of anterior cruciate ligament rupture . . . . . 63

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



## Оценка состояния окислительного стресса и антиоксидантной защиты спортсменов при включении в рацион питания специального продукта спортивного питания

*Р. С. РАХМАНОВ, Т. В. БЛИНОВА, Л. А. СТРАХОВА, С. А. КОЛЕСОВ, В. В. ТРОШИН*

*ФБУН Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, Нижний Новгород, Россия*

### Сведения об авторах:

*Рахманов Рофаиль Салыхович* – директор ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, проф., д.м.н.

*Блинова Татьяна Владимировна* – ведущий научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, д.м.н.

*Страхова Лариса Анатольевна* – младший научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора

*Колесов Сергей Алексеевич* – старший научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, к.б.н.

*Трошин Вячеслав Владимирович* – руководитель клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, к.м.н.

*Хайров Рашид Шамильевич* – младший научный сотрудник лаборатории оценки фактического питания населения ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора

## Evaluation of oxidative stress status and antioxidant defense status of athletes after inclusion of a special product for sportive nutrition in their food ration

*R. S. RAKHMANOV, T. V. BLINOVA, L. A. STRAKHOVA, S. A. KOLESOV, V. V. TROSHIN*

*Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор), Nizhny Novgorod, Russia*

### Information about the authors:

*Rofail Rakhmanov* – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

*Tatyana Blinova* – M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher of Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

*Larisa Strakhova* – Junior Researcher of Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

*Sergey Kolesov* – Ph.D. (Biology), Senior Researcher of Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

*Vyacheslav Troshin* – M.D., Ph.D. (Medicine), Head of Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

*Rashid Hyairov* – Junior Researcher of Laboratory of the Assessment of the Real Nutrition of the Population of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор)

**Цель исследования:** оценка влияния специального «продукта спортивного питания» на уровень окислительного стресса и антиоксидантной защиты организма спортсменов при физической нагрузке. **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 30 мужчин студенческой сборной по плаванию в возрасте 23,0±2,5 года. Спортсмены были разделены на две группы – основную и контрольную. Спортсмены основной группы дополнительно к рациону питания принимали «продукт спортивного питания». Тренировочный процесс в обеих группах был одинаковым и разделенным на три этапа. Первый и третий этапы характеризовались плановыми тренировками, на втором этап интенсивность физических нагрузок была увеличена. Окислительный стресс и общей антиоксидантная способность сыворотки (АОС)

определяли с помощью наборов реагентов «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit» фирмы «Immundiagnostik» (Германия). Содержание кортизола в сыворотке определяли иммуноферментным методом с помощью набора реагентов фирмы ЗАО «Вектор-Бест» (Россия). **Результаты:** прием «продукта спортивного питания» на фоне увеличения объема физической нагрузки способствовал достоверному снижению уровня окислительного стресса, тенденции к снижению содержания кортизола и повышению степени антиоксидантной способности сыворотки спортсменов относительно контрольной группы. Корреляций между количеством кортизола и уровнем окислительного стресса и общей антиоксидантной способностью сыворотки не было выявлено. **Выводы:** испытуемый продукт питания оказал положительное влияние на систему свободно-радикального окисления и кортизола и может быть рекомендован в качестве объекта дальнейшего исследования с целью применения его у лиц, занимающихся спортивной деятельностью.

**Ключевые слова:** спортсмены пловцы; продукт спортивного питания; окислительный стресс; антиоксидантная способность сыворотки, кортизол.

**Для цитирования:** Рахманов Р.С., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Колесов С.А., Трошин В.В. Оценка состояния окислительного стресса и антиоксидантной защиты спортсменов при включении в рацион питания специального продукта спортивного питания // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 5-11. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.5.

**Objective:** to evaluate the influence of special «product for sportive nutrition» on oxidative stress status and antioxidant defense status of athletes during physical loads. **Materials and methods:** 30 male swimmers of a student combined team (at the age of  $23,0 \pm 2,5$  years) participated in the study. The sportsmen were divided into two groups: experimental and control. The sportsmen of experimental group additionally received the «product for sportive nutrition» in their food ration. The training process was the same in both groups; it was divided into three stages. First and third stages were characterized by systematic trainings; the intensity of physical loads was increased at second stage. The oxidative stress status and total antioxidant capacity (TAC) of serum were detected using reagent kit «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit», firm «Immundiagnostik» (Germany). Serum cortisol was determined by immunoenzyme method with the use of reagent kit of joint-stock company «Vector-Best» (Russia). **Results:** intake of «product for sportive nutrition» during increased physical loads promoted a statistically significant decrease of oxidative stress level, tendency to a decrease of cortisol content and an increase of serum antioxidant capacity in comparison with control group. There was no correlation between cortisol value and oxidative stress level/total antioxidant capacity of serum. **Conclusions:** tested food product exerted a positive influence on system of free radical oxidation and cortisol. It can be recommended for further investigation in persons going in for sport.

**Key words:** sportsmen-swimmers; product for sportive nutrition; oxidative stress; antioxidant capacity of serum; cortisol.

**For citation:** Rakhmanov RS, Blinova TV, Strakhova LA, Kolesov SA, Troshin VV. Evaluation of oxidative stress status and antioxidant defense status of athletes after inclusion of a special product for sportive nutrition in their food ration. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):5-11. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.5.

### Введение

В настоящее время в спортивной медицине ведутся интенсивные исследования в направлении поиска биохимических маркеров, позволяющих оценить степень тренированности организма, реакции на физическую нагрузку, наличие воспалительного процесса, возникшего после интенсивной физической нагрузки при разных видах спортивной деятельности. В этом плане большой интерес представляют исследования, направленные на изучение процессов свободно-радикального окисления. Большинство авторов склоняется к тому, что значительная физическая нагрузка приводит к избыточному накоплению свободных радикалов. Показано, что значительная физическая активность у спортсменов дзюдоистов, пловцов, легкоатлетов, футболистов и других видов спорта приводит к увеличению производства митохондриями активных форм кислорода, вызывает увеличение в сыворотке крови маркеров окислительного стресса (ОС), воспалительных цитокинов, фактора некроза опухолей, модулирует антиоксидантные резервы организма, что оказывает неблагоприятное воздействие на организм спортсмена и требует корректирующих действий [1-3]. Некоторые авторы предлагают использовать окислительный стресс в мониторинге тренировочного режима [4]. В то же время ряд исследований свидетельствует о том, что плановые тренировки, определенные виды тренировок и адаптация организма к физическим нагрузкам может препятствовать накоп-

лению свободных радикалов и значительно активировать антиоксидантную защиту организма [5-7]. То есть вопросы, связанные с ролью окислительного стресса и антиоксидантной защиты организма в спортивной деятельности требуют дальнейшего исследования. Наряду с окислительным стрессом, вызванным активным мышечным метаболизмом, спортсмены всех видов спорта испытывают так называемый физиологический стресс, обусловленный значительным физическим и психоэмоциональным напряжением и оказывающий негативное влияние на состояние здоровья и спортивные достижения. В развитии данного стресса важная роль принадлежит гормону стресса – кортизолу, который с одной стороны способен мобилизовать резервы организма при значительной физической нагрузке, с другой стороны его избыточное хроническое содержание в крови спортсмена может свидетельствовать о неполном восстановлении организма спортсмена после предшествующей физической нагрузки [8].

В связи с вышеизложенным, исследования в направлении изучения способов коррекции окислительного стресса и стимуляции антиоксидантной защиты организма спортсмена не утрачивают свою актуальность.

**Целью исследования** явилась оценка влияния специального «продукта спортивного питания» на уровень окислительного стресса и антиоксидантной защиты организма спортсменов при физической нагрузке.

### Материалы и методы

Объектом наблюдения были молодые мужчины – члены студенческой сборной института по плаванию ( $n=30$ ), возраст которых колебался от 21 до 25 лет ( $23,0 \pm 2,5$  года). Все участники дали добровольное информированное согласие на исследование и опубликование полученных результатов. Проведенная работа не ущемляла права и не подвергала опасности благополучия обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской этики, предъявляемыми Хельсинкской Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000) и Приказом Минздрава РФ № 266 (от 19.06.2003). По данным клинического обследования и лабораторных показателей все спортсмены были здоровыми.

Наблюдение вели в течение 45 дней. Спортсмены были разделены на две равные группы – основную и контрольную. Тренировочный процесс у лиц обеих групп был одинаковым и разделенным на три этапа. На первом (15 дней) и третьем (15 дней) этапах характер тренировок не отличался. Они включали три тренировки в бассейне и 1 занятие в тренажерном зале в неделю. На втором этапе (15 дней) интенсивность физической нагрузки была увеличена: четыре тренировки в бассейне и две тренировки в тренажерном зале в неделю. За 15 дней первого и третьего этапов спортсмены проплыли по 15000,0 м; длина заплывов за 15 дней второго этапа составила 22000,0 м.

Все участники питались в домашних условиях. В период наблюдения их рацион не отличался от предыдущего рациона питания. На протяжении всего периода наблюдения спортсмены не принимали никаких антиоксидантных и противовоспалительных препаратов, специализированных продуктов, БАД и препаратов, содержащих витамины, микро- и макроэлементы. Перед началом второго этапа наблюдения в рацион питания основной группы был введен специально разработанный для спортсменов циклических видов спорта многокомпонентный натуральный концентрированный пищевой продукт (НКПП) из белково-растительного сырья, произведенный по криогенной технологии. Продукт запатентован под названием «Продукт спортивного питания» (ПСП) [9]. Его принимали ежедневно под наблюдением медицинского работника: однократно в день на завтрак из расчета 0,31 грамм на 1 кг массы тела. В состав готового продукта входили: арбузные семечки, шиповник, овес, шпинат, морская капуста, яичный белок. Спортсмены контрольной группы принимали порошок плацебо, содержащий лактозу.

Для решения поставленной цели проводили трехкратный отбор проб крови: до начала приема ПСП (после первого этапа), сразу через 15 суток после приема ПСП (после второго этапа) и через 15 суток после окончания приема продукта (после третьего этапа). Результат первого исследования считали как исходное состояние перед назначением дополнительных физических нагрузок. Кровь отбирали утром, натощак путем венепункции

локтевой вены в вакуумную пробирку. Сыворотку получали стандартным методом, делили на аликвоты по 0,5 мл и хранили до исследования при минус 70 °С. Для оценки влияния физических нагрузок на организм пловцов определяли уровень гормона стресса кортизола иммуноферментным методом с помощью набора реагентов фирмы ЗАО «Вектор-Бест» (Россия). Интегральные показатели окислительного стресса (ОС) и общей антиокислительной способности сыворотки (АОС) определяли с помощью набора реагентов «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit» фирмы «Immundiagnostik» (Германия). Уровень ОС и АОС оценивались количественно: ОС – по наличию пероксидов в сыворотке крови, выражался в мкмоль/л перекиси, присутствующей в образце; АОС выражалась в мкмоль/л разложившейся антиоксидантами экзогенной перекиси на литр сыворотки. Расчеты производились по формуле с применением стандартов. Для оценки степени выраженности ОС и АОС в сыворотке крови использовались данные, рекомендованные производителями наборов: менее 180 мкмоль/л – низкий ОС, от 180 до 310 мкмоль/л – средний ОС, более 310 мкмоль/л – высокий ОС; менее 280 мкмоль/л – низкая АОС, от 280 до 320 мкмоль/л – средняя АОС, более 320 мкмоль/л – высокая АОС.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы «AtteStat». Полученные данные подверглись проверке нормальности распределения по методу Колмогорова-Смирнова. В связи с отсутствием нормальности в распределении некоторых признаков были использованы методы непараметрической статистики. Для описательной статистики рассчитывали медиану, 25% и 75% квартили (Med (Q25 – Q75)). Достоверность различий полученных данных оценивали по критерию Манна-Уитни (для несвязанных выборок) и по критерию Вилкоксона (для связанных выборок). Критерием достоверности различий исследуемых параметров считался уровень значимости  $p$ : при  $p < 0,05$  – достоверность значимая, при  $p < 0,01$  – достоверность высоко значимая. При  $0,1 > p \geq 0,05$  выносилось суждение о наличии статистической тенденции, при  $p > 0,05$  – достоверность статистически не значимая.

### Результаты и их обсуждение

Как показали наши исследования, практически у половины пловцов обеих групп при плановой тренировке на первом этапе уровень кортизола в сыворотке крови превышал верхнюю референсную величину (690,0 нмоль/л), достигая у некоторых лиц 913,0 – 1016,0 нмоль/л (табл. 1). Можно предположить, что повышенный уровень кортизола был обусловлен неадекватностью физических нагрузок. Дополнительные нагрузки на втором этапе усугубляли состояние организма спортсменов контрольной группы, «провоцируя» дальнейшую выработку кортизола, превышающую его исходный уровень. В последующие сроки тенденция к повышению кортизола в контрольной группе сохранялась, хотя результаты были статистически не значимы ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1

**Показатели, характеризующие содержание кортизола у спортсменов в динамике исследования**

Table 1

**Dynamics of indices of cortisol content in sportsmen**

Оцениваемые показатели	Группа наблюдения					
	Основная			Контрольная		
	Исследования:					
	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е
Число лиц с различным уровнем кортизола, n (%)						
От 190 до 690 нмоль/л	7 (46,7)	9 (60,0)	10 (66,7)	8 (53,3)	7 (46,7)	6 (40,0)
Более 690 нмоль/л	8 (53,3)	6 (40,0)	5 (33,3)	7 (46,7)	8 (53,3)	9 (60,0)
Кортизол (нмоль/л)						
Медиана	735	628	571	695	716	767
Q 25	609	555	503	564	631	587
Q 75	749	735	762	748	741	795

Анализ ОС у спортсменов пловцов показал, что при плановых тренировках в исходном состоянии у спортсменов обеих групп преобладал ОС низкого и среднего уровней. У одной трети спортсменов контрольной группы и пятой части опытной наблюдался ОС высокого уровня (табл. 2).

В конце третьего этапа параллельно динамике кортизола у лиц контрольной группы увеличивалась доля спортсменов с высоким уровнем ОС (с 33,3% до 40,0%), со средним уровнем – снижалась (с 20,0% до 13,3%), с низким - оставалась на исходном уровне (46,7%). Количество пероксидов после третьего этапа снижалось (с 192,8 до 176,3 мкмоль/л,  $p > 0,05$ ). Статистически значимых различий в контрольной группе в зависимости от степени физической нагрузки получено не было.

В обеих группах на протяжении всего периода наблюдения преобладал высокий и средний уровень АОС (табл. 3).

Вместе с тем, у пловцов контрольной группы к концу периода усиленных тренировок в два раза снизилась доля лиц с высокой АОС (с 66,7% до 33,3%), увеличилась доля лиц со средним уровнем АОС (с 33,3% до 40,0%), более чем на четверть увеличилась доля лиц с низким уровнем АОС (с 0% до 26,7%); количество разложившихся пероксидов в сыворотке уменьшилось относительно исходного уровня ( $p = 0,003$ ). В конце третьего этапа (при плановых тренировках) уровень АОС, оцениваемый как высокий, восстановился (до 348,5 мкмоль/л,  $p > 0,05$ ); доля лиц с низкой АОС практически не изме-

Таблица 2

**Показатели, характеризующие оксидативный стресс у спортсменов групп сравнения в динамике исследования**

Table 2

**Dynamics of indices of oxidative stress in sportsmen of reference groups**

Характеристика состояния ОС	Группа наблюдения					
	Основная			Контрольная		
	Исследования:					
	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е
Число лиц с различной выраженностью ОС, n (%)						
Низкий	8 (53,3)	8 (53,3)	12 (80,0)	7 (46,7)	8 (53,3)	7 (46,7)
Средний	4 (26,7)	5 (33,3)	3 (20,0)	3 (20,0)	2 (13,4)	2 (13,3)
Высокий	3 (20,0)	2 (13,4)	0	5 (33,3)	5 (33,3)	6 (40,0)
ОС (мкмоль/л)						
Медиана	181,2	154,2	131,0	192,8	179,3	176,3
Q25	51,4	121,2	94,2	94,2	101,6	119,9
Q75	195,9	226,5	149,3	343,2	237,5	310,9

Таблица 3

Показатели, характеризующие антиоксидантную способность сыворотки у спортсменов групп сравнения в динамике исследования

Table 3

Dynamics of indices of serum antioxidant capacity in sportsmen of reference groups

Характеристика состояния АОС	Группа наблюдения					
	Основная			Контрольная		
	Исследования:					
	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е
Число лиц с различным уровнем АОС, n (%)						
Низкая	0	1 (6,6)	1 (6,6)	0	4 (26,7)	3 (20,0)
Средняя	4 (26,7)	3 (20,0)	2 (13,4)	5 (33,3)	6 (40,0)	2 (13,3)
Высокая	11 (73,3)	11 (73,4)	12 (80,0)	10 (66,7)	5 (33,3)	10 (66,7)
АОС (мкмоль/л)						
Медиана	330,1	328,0	370,0	336,7	295,9	348,5
Q25	321,5	315,5	333,9	319,6	274,8	293,8
Q75	344,2	330,8	374,1	347,9	319,4	368,9

нилась, в три раза уменьшилась доля лиц со средним уровнем АОС и доля лиц с высоким уровнем АОС восстановилась до исходного уровня.

У лиц основной группы после курса приема ПСП, несмотря на увеличение физической нагрузки, вплоть до конца наблюдения была констатирована динамика увеличения доли лиц с уровнем кортизола в пределах референсных границ и снижение частоты его повышенного уровня (табл. 1). Причем, наиболее существенное снижение было выявлено при третьем исследовании (период плановых тренировок). Анализ количественного содержания кортизола в сыворотке спортсменов показал достоверные различия в его величине между основной и контрольной группами как при втором исследовании после интенсивной физической нагрузки, так и при третьем исследовании через 15 суток плановой тренировки ( $p = 0,05$ ,  $p = 0,03$ ).

В основной группе через 15 суток приема ПСП и после периода значительной физической нагрузки (конец второго этапа) наблюдалось снижение уровня высокого окислительного стресса и увеличение его среднего уровня. Через 15 суток после приема ПСП (конец третьего этапа) высокого уровня ОС не наблюдалось, преобладал низкий уровень окислительного стресса, количество пероксидов в сыворотке спортсменов основной группы достоверно уменьшилось относительно их величины при первом и втором исследовании ( $p=0,026$ ;  $p=0,002$ ). Снижение количества пероксидов в сыворотке спортсменов основной группы при последнем исследовании после периода плановой тренировки было более выраженным относительно их количества в контрольной группе ( $p=0,04$ ).

Полученные данные, показали, что после приема ПСП в основной группе у большей части спортсменов

сохранялась высокая АОС по сравнению с ее уровнем в контрольной группе. В этот период в основной группе наблюдалось большее количество разложившихся пероксидов относительно контрольной группы ( $p=0,03$ ). Через 15 суток после приема ПСП и плановых тренировок доля лиц с высоким уровнем АОС в основной группе продолжала увеличиваться, количество разложившихся пероксидов превысило их количество в предыдущем исследовании ( $p=0,01$ ). У 6,6 % обследуемых лиц сохранялся низкий уровень АОС.

#### Заключение

Проведенные исследования показали, что у наблюдаемых нами спортсменов-пловцов в исходном состоянии перед началом исследований преобладал низкий и среднего уровня ОС, высокий уровень АОС. Аналогичные данные были отмечены нами ранее при обследовании спортсменов, занимающихся академической греблей [10]. Однако у части спортсменов пловцов ОС оставался высоким. Следует отметить, что наблюдаемые нами спортсмены пловцы проходили обследование через 12-14 часов после окончания тренировочного процесса, то есть после периода восстановления. Сохранение высокой окислительной активности, по-видимому, может свидетельствовать о том, что период восстановления был недостаточно эффективным. При увеличении физической нагрузки у пловцов контрольной группы, несмотря на предшествующий отбору крови период отдыха, происходило увеличение количества пероксидов относительно основной группы; доля спортсменов с уровнем высокого ОС увеличилась. Можно полагать, что прием ПСП в основной группе, содержащего достаточно высокое количество антиоксидантов, защищал организм спортсмена от избыточного количества свободных ра-

дикалов и стимулировал антиоксидантную защиту. Роль питания в повышении функционального статуса спортсменов доказана многими исследователями [11, 12]. Эффективность пищевых добавок, по мнению некоторых авторов, значительно повышается при сочетании с физическими нагрузками, хотя четко разграничить влияние питания и физических нагрузок не всегда бывает возможным [13]. Наши, хотя и немногочисленные наблюдения, свидетельствуют о том, что ПСП эффективны как в момент осуществления усиленной физической нагрузки, так спустя 15 суток после приема продукта. Об этом говорят положительные сдвиги исследуемых нами показателей – ОС, АОС, кортизола. Молекулярные механизмы, лежащие в основе взаимоотношения процессов свободно-радикального окисления и кортизола, у спортсменов разного вида спортивной деятельности сложны, не выяснены и требуют активного изучения. Следует отметить, что прием ПСП способствовал и некоторому снижению уровня кортизола, в то время как в контрольной группе наблюдалась тенденция к его увеличению. Согласно экспериментальным и клиническим исследованиям ряда авторов, обнаруживших прямую корреляционную связь кортизола с маркерами повреждения ДНК/РНК свободными радикалами, стойкое повышенное содержание кортизола может вызвать так называемый кортизол индуцированный окислительный стресс со всеми негативными последствиями [14, 15]. Подобная ситуация может возникнуть и при интенсивной физической нагрузке у спортсменов, находящихся часто в состоянии психоэмоционального стресса, обусловленного усиленным выделением гормонов стресса и, в частности, кортизола. Проведенный нами анализ показал, что среди лиц с повышенным уровнем кортизола, у половины спортсменов был отмечен высокий уровень ОС, у половины – низкий. Необходимы дальнейшие исследования в направлении изучения кортизола, ОС и АОС.

#### Выводы

Интегральные показатели ОС и АОС можно рекомендовать для оценки полноты восстановления организма спортсменов циклических видов спорта после интенсивной физической нагрузки. Продукт спортивного питания может быть предложен в качестве корректирующего средства избыточного количества свободных радикалов при спортивной деятельности. Необходимо сосредоточить внимание исследователей на изучение механизмов взаимоотношения кортизола и других гормонов стресса с системой свободнорадикального окисления при разных видах спортивной деятельности.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

#### Список литературы/References

1. **Mrakic-Spota S, Gussoni M, Porcelli S, Pugliese L, Pavei G, Bellistri G, Montorsi M, Tacchini P, Vezzoli A.** Training effects on ROS production determined by electron paramagnetic resonance in master swimmers. *Oxid Med. Cell Longev.* 2015;804794. Epub 2015 Mar 22.

2. **Рахманов Р.С., Трошин В.В., Блинова Т.В., Страхова Л.А.** Коррекция иммунодефицитного состояния и антиоксидантного статуса при значительных физических нагрузках продуктами с повышенным содержанием биологически активных веществ // Медицинский альманах. 2012. Т.22, №3. С. 156-158. / Rakhmanov RS, Troshin VV, Blinova TV, Strakhova LA. Korrektsiya immunodefitsitnogo sostoyaniya i antioksidantnogo statusa pri znachitelnykh fizicheskikh nagruzkakh produktami s povyshennym soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv. *Meditinskiy almanakh.* 2012;22(3):156-158. (in Russian).

3. **Zalavras A, Fatouros IG, Deli CK, Draganidis D, Theodorou AA, Soulas D, Koutsioras Y, Koutedakis Y, Jamurtas AZ.** Age-related responses in circulating markers of redox status in healthy adolescents and adults during the course of a training macrocycle. *Oxid Med Cell Longev.* 2015; 2015:283921. Epub 2015 Apr 6.

4. **Hadzovic-Dzuvu A, Valjevac A, Lepara O, Pjanic S, Hadzimiratovic A, Mekic A.** Oxidative stress status in elite athletes engaged in different sport disciplines. *Bosn J Basic Med Sci.* 2014;14(2):50-62.

5. **Sharifi G, Najafabadi AB, Ghashghaei FE.** Oxidative stress and total antioxidant capacity in handball players. *Adv Biomed Res.* 2014;26(3):181.

6. **Burgos C, Henríquez-Olguín C, Cristóbal Andrade D, Ramírez-Campillo R, Araneda OF, White A, Cerda-Kohler H.** Effects of Exercise Training under Hyperbaric Oxygen on Oxidative Stress Markers and Endurance Performance in Young Soccer Players: A Pilot Study. *J Nutr Metab.* 2016; 2016:5647407. Published online 2016 Dec 19.

7. **Pialoux V, Brugniaux JV, Rock E, Mazur A, Schmitt L, Richalet JP, Robach P, Clottes E, Coudert J, Fellmann N, Mounier R.** Antioxidant status of elite athletes remains impaired 2 weeks after a simulated altitude training camp. *Eur J Nutr.* 2010;49(5):285-292.

8. **Finkel T, Holbrook NJ.** Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature.* 2000;(408):239-247.

9. **Белоусько Н.И., Груздева А.Е., Рахманов Р.С.** // Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2533002.html> / Belousko NI, Gruzdeva AE, Rakhmanov RS *Oftsiyal'nyy sayt* (2016). Available at: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2533002.html> (accessed 25 November 2016).

10. **Блинова Т.В., Страхова Л.А.** Оценка уровня окислительного стресса и антиоксидантно способности сыворотки при некоторых физиологических и патологических состояниях // Здоровье населения и среда обитания. 2014. №11. С. 29-32. / Blinova TV, Strakhova LA. *Otsenka urovnya okislitel'nogo stressa i antioksidantno sposobnosti syvorotki pri nekotorykh fiziologicheskikh i patologicheskikh sostoyaniyakh.* *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya.* 2014;(11):29-32. (in Russian).

11. **Van Loon LJ.** Is there a need for protein ingestion during exercise? *Sport Med.* 2014;44:105-111.

12. **Mickleborough TD.** Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2013;(23):83-96.

13. **Schols AM, Ferreira IM, Franssen FM.** Nutritional assessment and therapy in COPD: a European Respiratory Society statement. *Eur. Respir. J.* 2014;44:1504-1520.

14. Joergensen A, Broedbaek K, Weimann A, Semba RD, Ferrucci L, Joergensen MB, Poulsen HE. Association between Urinary Excretion of Cortisol and Markers of Oxidatively Damaged DNA and RNA in Humans (Published online 2011 Jun 7. DOI: 10.1371/journal.pone.0020795).

15. Maynard S, Schurman SH, Harboe C, de Souza-Pinto NC, Bohr VA. Base excision repair of oxidative oxidative DNA damage and association with cancer and aging. Carcinogenesis. 2009;(30):2-10.

**Ответственный за переписку:**

**Блинова Татьяна Владимировна** – ведущий научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора, д.м.н.

Адрес: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20

Тел. (раб): +7 (831) 419 61 94

Тел. (моб): +7 (915) 944 38 75

E-mail: btvdn@yandex.ru

**Responsible for correspondence:**

**Tatyana Blinova** – M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher of Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor)

Address: 20, Semashko St., Nizhny Novgorod, Russia

Phone: +7 (831) 419 61 94

Mobile: +7 (915) 944 38 75

E-mail: btvdn@yandex.ru

*Дата направления статьи в редакцию: 25.04.2017*

*Received: 25 April 2017*

*Статья принята к печати: 28.04.2017*

*Accepted: 28 April 2017*



www.nordi-palki.ru, +7 465-740-60-52



**А ВЫ УЖЕ ЗНАЕТЕ, ЧТО ТАКОЕ СКАНДИНАВСКАЯ ХОДЬБА?**

Скандинавская ходьба – это уникальный вид спорта и фитнеса, представляющий собой ходьбу со специальными палками. Появилась она в Финляндии благодаря спортсменам-лыжникам, стремящимся сохранить свою форму в теплое время года. После ряда медицинских исследований и наблюдений были сделаны поразительные выводы о пользе скандинавской ходьбы.

**Болит спина** – развивает мышечный корсет, идеальна для исправления осанки и решения проблем плеч и позвоночника.

**Болят колени, суставы** – снижает нагрузки на коленные суставы и позвоночник, перераспределяет ее на другие части тела.

**Хотите худеть** – сжигает на 46% калорий больше, чем обычная ходьба, помогает быстро сбросить вес.

**Проблемы с сердцем** – улучшает работу сердца и легких.

**Проблемы с давлением** – нормализует кровяное давление, улучшает общее самочувствие.

**Хотите держать себя в форме** – задействует около 90% мышц всего тела, дает хорошую аэробную нагрузку.

**Реабилитация после переломов и травм, проблемы с опорно-двигательным аппаратом** – палки служат отличной опорой, улучшают координацию, помогают быстрее восстановиться.

Тысячи людей в Европе уже давно открыли для себя все преимущества скандинавской ходьбы. В последние годы и в России все больше людей становятся поклонниками ходьбы. Присоединяйтесь и Вы!

Самый большой  
выбор палок

Палки от  
990 руб.

Гарантия  
2 года

Подарки  
и акции!

Магазин в СК "Олимпийский",  
доставка по РФ.

www.nordi-palki.ru

📍 Москва, Олимпийский проспект, д.16, стр.1, 9а

+7 465-740-60-52

## Обоснование необходимости коррекции программ физической подготовки по данным стабилومتрии

<sup>1</sup>О. В. ПАРЫГИНА, <sup>2</sup>Ю. А. МАТВЕЕВ

<sup>1</sup>Московская государственная академия водного транспорта – филиал ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова Федерального агентства морского и речного транспорта, Москва, Россия

<sup>2</sup>Педагогический институт физической культуры и спорта ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет Минобрнауки России, Москва, Россия

### Сведения об авторах:

Парыгина Оксана Викторовна – доцент кафедры физического воспитания МГАВТ – филиал ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова Федерального агентства морского и речного транспорта, к.п.н.

Матвеев Юрий Александрович – доцент кафедры адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин Педагогического института физической культуры и спорта ГАОУ ВО МГПУ Минобрнауки России, к.м.н.

## Substantiation of the need for physical training programs correction based on stabilometry data

<sup>1</sup>O. V. PARYGINA, <sup>2</sup>Yu. A. MATVEEV

<sup>1</sup>Moscow State Academy of Water Transport – Branch of the State Educational Establishment of the Naval and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Pedagogical Institute of Physical Culture and Sport of the State Unitary Enterprise of the Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

### Information about the authors:

Oksana Parygina – Ph.D. (Education), Associate Professor of the Department of Physical Education of the MSAWT – Branch of the State Educational Establishment of the Naval and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov

Yuri Matveev – M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Adaptive Physical Culture and Biomedical Disciplines of the Pedagogical Institute of Physical Culture and Sport of the State Unitary Enterprise of the Moscow State Pedagogical University

**Цель исследования:** определить уровень согласованности зрительного, вестибулярного, проприорецептивного анализаторов и мышечного контроля у студентов с использованием статических двигательных-когнитивных тестов с биологической обратной связью по опорной реакции, а также состояние внимания при осуществлении визуального или смешанного контроля центра давления на опорную поверхность по биологической обратной связи. **Материалы и методы:** обследованы 63 студента 1-3 курса в возрасте 17-22 лет (в среднем 19,5±2,5). Количественная инструментальная оценка результатов тестирования с использованием метода стабилومتрии, на наш взгляд, позволит получить объективные данные о состоянии функции равновесия у испытуемых, повысить точность выполнения движений за счет объективизации параметров выполнения служебных функций (движений по управлению судном), и в конечном итоге разработать и дать обоснованные рекомендации по повышению эффективности учебных занятий студентов каждого года обучения. Для исследования использовался стабилотренажер ST-150, который позволяет измерить параметры траектории перемещения координат центра масс тела человека. **Результаты:** представлены по каждому испытуемому студенту в виде графического изображения с помощью программного обеспечения стабилметрической платформы ST-150. Статический тест проводился в две фазы. Первая фаза заключалась в тестировании с открытыми глазами, контролируя свой ОЦМ (общий центр масс) тела на мониторе, что позволяет оценить влияние зрительного анализатора на функцию равновесия, и вторая фаза с закрытыми глазами. В каждой из этих фаз данного теста студенты тестировались в двух вариантах постановки стоп: 1) основной стойки (проба Ромберга Европейской установки стоп «носки врозь»); 2) стойка, при которой линии «носок-пятка» каждой ноги устанавливаются параллельно (проба Ромберга Американской установки стоп). **Выводы:** в результате проведенных тестов выявлены весьма существенные отклонения функции равновесия у студентов старших курсов Академии водного транспорта, что требует необходимость разработки новых моделей и учебных программ по физической подготовке студентов, направленных на поиск путей повышения их статокинетической и вестибулярной устойчивости в ходе учебно-воспитательной работы.

**Ключевые слова:** студенты; водный транспорт; статокинетическая устойчивость; функция равновесия; диагностика с помощью стабилومتрии.

**Для цитирования:** Парыгина О.В., Матвеев Ю.А. Обоснование необходимости коррекции программ физической подготовки по данным стабилотрии // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 12-18. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.12.

**Objective:** to determine the level of coherence between visual, vestibular, proprioceptive analyzers and muscular control in students with the use of static motor-cognitive tests with biological feedback, and also the attention level during visual or mixed control of the center of pressure on the footplate with biological feedback. **Materials and methods:** 63 students from first three years of education aged from 17 to 22 years (mean age – 19,5±2,5) were examined. We believe that the quantitative evaluation of test results with stabilometric method allows to obtain objective data on the state of equilibrium function in participants and to increase accuracy of movements (ship handling) due to objectification of parameters of office functions performance. Finally we can develop reasonable recommendations for improving of the training sessions effectiveness for students of each year of study. The force plate ST-150 which allows to measure the parameters of the trajectory of displacement of the coordinates of the center of body mass was used. **Results** were presented for each student in the form of a graphic image using the software of a stabilometric platform ST-150 platform. The static test included two phases. The first phase consisted in testing with open eyes with monitor control of the general center of body mass that allows to estimate influence of a visual analyzer on equilibrium function. The second phase was conducted with closed eyes. In each of these phases students were tested in two foot positions: 1) main stand (Romberg's test with European foot position «socks separately»); 2) stand in case of which the sock-heel lines of each leg are parallel (Romberg's test with American foot position). **Conclusions:** significant deviations of equilibrium function of senior students of Academy of the water transport were detected. It requires the development of new models and physical training programs for the students to increase their statokinetic and vestibular stability during teaching and educational work.

**Key words:** students; the water transport; statokinetic stability; balance function; diagnostics by means of a stabilometry.

**For citation:** Parygina OV, Matveev YuA. Substantiation of the need for physical training programs correction based on stabilometry data. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):12-18. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.11.

### Введение

Производственная деятельность работников водного транспорта связана с определенными специфическими условиями и факторами, оказывающими отрицательное воздействие на функционирование систем организма, обеспечивающих качество и надежность выполнения служебных обязанностей [1]. К ним относятся: нервно-эмоциональная напряженность при работе оператором в системе «человек – машина», сложные метеорологические условия, частая смена климатических зон, ограниченная подвижность, единая зона труда и отдыха, длительное воздействие на организм шумов и вибрации. Современные условия труда работников водного транспорта требуют постоянной адаптации к непрерывно меняющимся социально-бытовым и климатогеографическим условиям. Неустойчивость опорно-двигательного аппарата и равновесия во время качки, несомненно, предъявляют более высокие требования к способности сохранять равновесие, повышая степень риска возникновения аварийных ситуаций на водном транспорте.

### Актуальность

В этой связи, анализ опубликованных материалов о методах исследования функции равновесия в теории и методике физического воспитания, в частности, использовании статических двигательно-когнитивных тестов с биологической обратной связью по опорной реакции (стабилотрия), даёт основание предположить, что исследование названной функции у студентов высших учебных заведений водного транспорта представляется на сегодня весьма актуальной задачей, т.к. остаётся высоким процент травматизма на рабочем месте и аварий. Причиной таких неудач в большинстве случаев являются нарушения функции равновесия, обусловленные утомлением и недостаточным развитием уровня координационных способностей и статокINETической (вестибулярной) устойчивости специалиста-водника [2-4].

В свете сказанного представляет особый интерес детальное исследование функций равновесия у студентов высших учебных заведений водного транспорта по годам обучения, что позволит вооружить педагогов новыми данными о функциональном состоянии вестибулярного аппарата и компенсаторных возможностях функции равновесия у своих подопечных, особенно на 1-3 годах обучения.

Под равновесием понимают способность к сохранению устойчивого положения тела в условиях разнообразных положений и поз. Как известно, за равновесие большей частью отвечает отдел мозга, называемый мозжечком. Этот отдел отвечает также и за рефлекторные движения, доведенные у взрослых людей до автоматизма, координацию движений и общий мышечный тонус. Иными словами, мозжечок контролирует бессознательную нервную связь между мышцами и мозгом непосредственно. Причем, чем тренированнее человек в физическом плане, тем лучше функционирует мозжечок. Тренируя равновесие, по мнению ряда исследователей, человек может быстрее реагировать в критических ситуациях, т.к. именно этот отдел мозга отвечает за быстроту бессознательных реакций, что позволяет специалисту водного транспорта быстрее сосредоточиться, сконцентрироваться, акцентируя внимание на выполнении профессиональных обязанностей [1, 5-7].

Вестибулярная устойчивость – способность точно и стабильно выполнять двигательные действия в условиях вестибулярных раздражений (бросков, поворотов). Функция вестибулярного анализатора состоит в сохранении устойчивого положения тела при воздействии ускорений, возникающих при перемещениях в пространстве. При этом сильные раздражители структур вестибулярного анализатора вызывают своеобразный симпатокOMплекс, состоящий из соматических, сенсорных и вегетативных реакций организма. Обобщенное

название этих состояний – кинетозы, или «морская болезнь». Одно из распространённых названий кинетозов – «укачивание» [1, 8, 9].

#### **Цель исследования**

Определить уровень согласованности зрительного, вестибулярного, проприорецептивного анализаторов и мышечного контроля у студентов 1-3 курсов с использованием статических двигательных-когнитивных тестов с биологической обратной связью по опорной реакции, а также состояние внимания при осуществлении визуального или смешанного контроля центра давления на опорную поверхность по биологической обратной связи.

#### **Материалы и методы**

Количество испытуемых на 1, 2 и 3 курсах составило, соответственно, 20, 22 и 21 человек – всего 63 студента мужского пола в возрасте 17-22 лет (средний возраст –  $19,5 \pm 2,5$ ). Количественная инструментальная оценка результатов тестирования с использованием стабилотметрии, на наш взгляд, позволит получить объективные данные о состоянии функции равновесия у испытуемых, повысить точность выполнения движений за счет объективизации параметров выполнения служебных функций (движений по управлению судном), и в конечном итоге разработать и дать обоснованные рекомендации по повышению эффективности учебных занятий студентов каждого года обучения.

Для исследования использовался стабилотренажер ST-150, который позволяет измерить параметры траектории перемещения координат центра масс тела человека.

В классической механике понятие «центр масс» определено, как геометрическая точка, уравнивающая распределение массы по телу. В постоянном однородном гравитационном поле центр тяжести должен совпадать с центром масс и разработчики метода стабилотметрии, исследуя миграцию общего центра давления точки опоры человека на стабилотраекторию (ОЦД) по отношению к общему центру масс (ОЦМ) выявили определённые закономерности, свидетельствующие о функциональном состоянии систем организма, участвующих в поддержании равновесия [4]. В частности, измерение параметров взаимодействия физического объекта с опорой под действием гравитационной силы позволяет определить уровень его взаимодействия с внешними гравитационными полями в виде отдельных кривых на мониторе компьютера. При этом само положение центра тяжести физического тела по опорной реакции отображается в системе координат, что позволяет произвести необходимые расчёты и сравнения. Физиологическая трактовка результатов измерений, следовательно, основывается не только на анатомических аспектах функционирования опорно-двигательного аппарата, но и учитывает психофизиологические аспекты – восприятие и управление со стороны центральной нервной системы. Если известно, что анатомо-механические составляющие функции равновесия сводятся к структурированию и координации

действий мышц-сгибателей и разгибателей опорных конечностей, то применение описываемого метода в этом виде исследования позволяет выявить «критические области» регулирования позы как во фронтальной, так и сагиттальной плоскостях и, тем самым, детально охарактеризовать биомеханические свойства голеностопных, коленных, тазобедренных и плечевых суставов и степень их «вовлеченности» в управление позой.

Следует отметить, что получаемая при этом информация позволяет сопоставлять количественные характеристики двигательных реакций, формируемых в процессе целенаправленных занятий по физической культуре, а, значит, получать объективные, практически значимые данные, отражающие физические возможности испытуемого и его индивидуальные координационные способности.

#### **Результаты и их обсуждение**

Программное обеспечение стабилотметрической платформы позволило получить информацию по каждому испытуемому студенту в виде графического изображения. На рис. 1. в качестве примера представлены данные студентов 3-го года обучения.

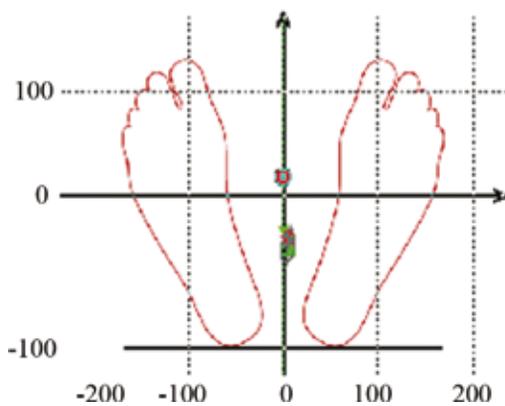
Статический тест проводился в две фазы. Первая фаза заключалась в тестировании с открытыми глазами, контролируя свой ОЦМ тела на мониторе, что позволяет оценить влияние зрительного анализатора на функцию равновесия, и вторая фаза с закрытыми глазами. В каждой из этих фаз данного теста студенты тестировались в двух вариантах постановки стоп:

1) основной стойки (проба Ромберга Европейской установки стоп «носки врозь»);

2) стойка, при которой линии «носок-пятка» каждой ноги устанавливаются параллельно (проба Ромберга Американской установки стоп).

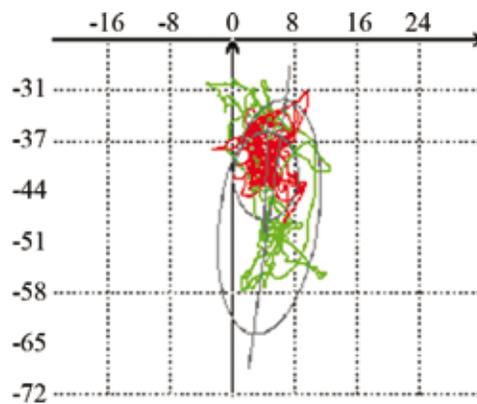
На координатах ОЦД как при первой постановке стоп, так и при второй, наблюдаются значительные отклонения ОЦМ студентов. Во время тестирования пробы Ромберга с Европейской установкой стоп (Евр. п. Ромберга) у большинства испытуемых наблюдалась асимметрия назад и вправо, а во время пробы Ромберга Американской установки стоп (Амер. п. Ромберга) – выраженная асимметрия вперед и влево.

Полученные данные во второй фазе теста (кривые на рисунке изображены красным цветом), когда студенты тестировались с закрытыми глазами, показали лучшие результаты, это хорошо видно на статокинезиограмме (рис. 1, а, б), а именно, во второй фазе ОЦД студентов в значительно большей степени приближается к ОЦМ, в отличие от полученных данных первой фазы (зеленый цвет). Выявленное отклонение расценивается как нарушение функции равновесия у студентов вследствие асимметрии опоры на левую и правую ногу. Анализ полученных данных тестирования простуральной пробы по американской и европейской установке стоп у студентов 1-3 курсов позволил обобщить результаты исследования, которые представлены в таблице.

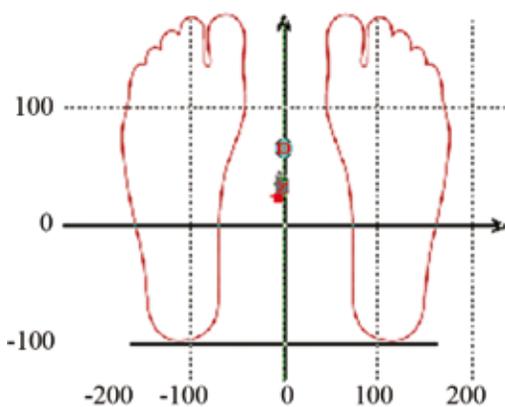


Координаты ОЦД

а) проба Ромберга Европейской установки стоп  
 a) Romberg test with European foot position

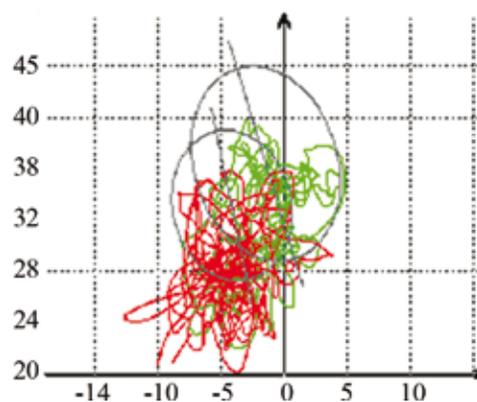


Статокинезиограмма



Координаты ОЦД

б) проба Ромберга Американской установки стоп  
 b) Romberg test with American foot position



Статокинезиограмма

Рис. 1. Пример влияния зрительного, вестибулярного и проприорецептивного анализаторов (постуральной системы) на функцию равновесия у студентов 3 курса

Pic. 1. An example of the influence of the visual, vestibular and proprioceptive analyzers (postural system) on the equilibrium function in 3 year students

Согласно данным таблицы 1, к уровню «плохо» относились результаты, соответствующие 23%-67,0% ошибок, «удовлетворительно» – 19,5%-34,1% ошибок, «хорошо» – 0,4%-1,7% ошибок. Оценку «отлично», когда пробы Ромберга должны выполняться без ошибок, никто не получил. Обращает на себя внимание, что наибольший процент (67%) ошибок наблюдался у студентов 3 курса. Оценку «хорошо» с наименьшим процентом ошибок (0,3%) получили студенты 1 курса.

Результаты тестирования студентов в стойке «носки врозь» (проба Ромберга европейской установки стоп) требуют удержания статического состояния ОЦМ испытуемых посредством контроля не только туловищем, но и тазобедренным, коленным и голеностопным суставами. При этом большой процент студентов наблюдался с «удовлетворительным» и «плохим» уровнем функции равновесия в прямолинейной зависимости от года обучения (39,8% – 2 курс; 67% – 3 курс).

Результаты тестирования Американской п. Ромберга, когда ступни поставлены параллельно, по мнению разработчиков метода, являются более информативными, так как не характерны для повседневной ходьбы. В подтверждение этой концепции и данные наших исследований составили также более высокие значения по уровням «плохо», «удовлетворительно» (табл. 1).

Анализ результатов влияния зрительного анализатора на функцию равновесия у студентов 1-3 курсов (рис. 2) показал, что полученная оценка, как при Американской п. Ромберга, так и при Европейской п. Ромберга имела тенденцию ухудшения от «нормы» к «аномалиям».

Анализ данных рис. 2 показал, что у первокурсников отклонений по данному показателю не наблюдалось, в отличие от старшекурсников, у которых выявились аномальные изменения вестибулярного аппарата, что свидетельствует о недостаточной эффективности при-

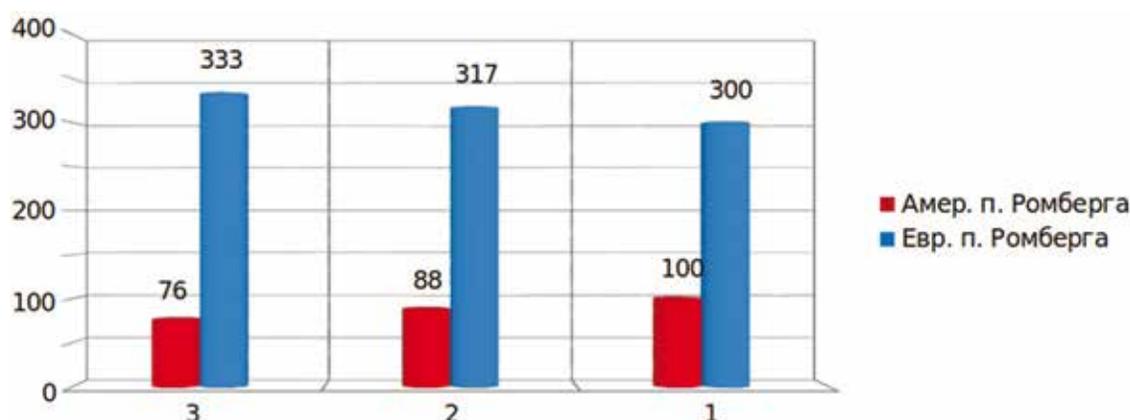
Таблица 1

Процентное соотношение показателей уровня функции равновесия у студентов 1-3 курсов на основе пробы Ромберга Европейской (👤) и Американской (👤) установки стоп

Table 1

Percentage of indicators of the level of equilibrium functions in students from first three years of education based on the Romberg European (👤) and American (👤) foot position

Уровень, % Курс	Плохо		Удовлетворительно		Хорошо		Отлично	
	👤	👤	👤	👤	👤	👤	👤	👤
1: n=20	23,5	40,5	19,5	56,5	0,3	0	0	0
2: n=22	39,8	50,8	19,2	47,2	0,4	0	0	0
3: n=21	45,1	67,0	23,2	34,1	1,7	0	0	0



Примечание: норма-показатель (100-300); аномалия – показатели (0-100), (300-400)  
Note: the norm-indicator (100-300); anomaly - indicators (0-100), (300-400)

Рис. 2. Сравнительная характеристика оценки влияния зрительного анализатора на функцию равновесия у студентов 1-3 курсов

Fig. 2. Comparative characteristics of the assessment of the influence of the visual analyzer on the equilibrium function in students 1-3 years of education

меняемой в настоящее время программы по физической подготовке студентов Академии водного транспорта.

Существующие в Академии программы по физической подготовке обучающихся носят общий характер без учета специфики профессиональной деятельности, то есть не направлены на развитие статокинетической и вестибулярной устойчивости, что снижает эффективность целенаправленной подготовки будущих специалистов.

В частности, до получения результатов данного рецензируемого исследования в Академии на занятиях по физической подготовке не применялись такие целенаправленные упражнения, как прыжки на батуте, прыжки в воду, тренировки с использованием вращательных движений и различного вида кувырков. В то же время специфика обучения, предусматривающая ежегодную плавательную практику студентов, в первую очередь на факультете «Судовождение», сопряжена со значительным воздействием на обучающихся таких неблагоприятных факторов окружающей среды, как постоянная

многочасовая вибрация и шум от работающих дизелей, необходимость в период навигации осуществлять вождения судов в ночное время, напряжения и перенапряжения, обусловленные частыми поворотами и разворотами. Подобное воздействие перечисленных неблагоприятных гигиенических факторов с годами накапливается, приводя к заметным сдвигам описанных выше показателей, этим и объясняется возникновение у студентов 3-го курса более выраженных нарушений функции равновесия по сравнению с первокурсниками.

В этой связи результаты проведенных исследований диктуют необходимость пересмотра существующих методик физической подготовки в МГАВТ в сторону разработки новых программ, включающих целенаправленные корректирующие упражнения на восстановление нарушенных функций равновесия.

По данным Гуралиева В.М. [10] статокинетическая устойчивость является одним из достаточно информативных показателей функционального состояния систем регуляции равновесия. Нагрузки, превышающие физио-

логические возможности ведут к развитию утомления, рассогласованию стереотипа устойчивых механизмов регуляции, что прежде всего сказывается на нарушениях функции равновесия (дифференцировка тонких движений) и, как следствие по отношению к судоводителям, нарушению точности движений в процессе управления стоя за штурвалом судна.

Наряду с этим Назаренко Л.Д. с соавторами считают, что под влиянием систематических занятий физической культурой повышается уровень адаптации, в том числе, и к вестибулярным нагрузкам [3]. В соответствии с этим в качестве дискуссии мы выносим предположение, что исследование статокINETической устойчивости с помощью описываемого метода может дать дополнительные возможности для выявления функциональных резервов центральной и вегетативной регуляции в развитии координационных способностей и функции равновесия, в том числе, и у специалистов водного транспорта.

В то же время обзор информационных источников и специальной литературы за последние годы свидетельствует, что данные о стабилметрических исследованиях у будущих специалистов водного транспорта, испытывающих значительные нагрузки сложнокоординационного характера, весьма малочисленны. Отсутствуют, в частности, сравнительные данные, позволяющие сформулировать критерии оценки, во-первых, вестибулярной системы, например, по «коэффициенту функции равновесия», интегрально отражающего уровень статокINETической устойчивости, и, во-вторых, оценки компенсаторных резервов функции равновесия. Дискутируются вопросы, затрагивающие необходимость изучения дополнительных физиологических механизмов стабилизации и совершенствования функции равновесия, направленные на снижение напряжённости адаптационных реакций организма учащихся [2, 10].

#### Выводы

Как показывают результаты проведенных исследований, есть основания считать, что метод стабилметрии представляется достаточно информативным в оценке функции равновесия, так как позволяет объективно оценить влияние ведущих систем регуляции данного процесса: зрительного, вестибулярного, проприорецептивного анализаторов. Выявленные в результате проведенных тестов весьма существенные отклонения функции равновесия у студентов старших курсов Академии водного транспорта диктуют необходимость разработки новых моделей и учебных программ физической подготовки студентов, направленные на поиск путей повышения, прежде всего, статокINETической и вестибулярной устойчивости у них в ходе учебно-воспитательной работы, что в конечном итоге будет направлено на повышение уровня и совершенствование как координационной, так и производственной подготовки будущих специалистов водного транспорта.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

#### Список литературы/References

1. Мельникова И.П. Влияние производственных факторов на здоровье моряков // Гигиена и санитария. 2007. №1. С. 42-44. / Melnikova IP. Influence factors on seamen. Hygiene and sanitation. 2007;(1):42-44. (in Russian).
2. Гроховский С.С. Метрологическое обеспечение измерений в исследованиях функции равновесия человека // Мир Измерений. 2011. №11. С. 37-38. / Grokhovsky SS. Metrological assurance measurements in studies of the function of human equilibrium. World of measurements. 2011;(11):37-38. (in Russian).
3. Назаренко Л.Д. Содержание и структура равновесия как двигательного-координационного качества // Теория и практика физической культуры. 2000. №1. С. 54-58. / Nazarenko LD. The content and structure of the balance as a motor-coordination qualities. (Teoriya i praktika fizicheskoy kultury). Theory and Practice of Physical Culture. 2000;(1):54-58. (in Russian).
4. Скворцов Д.В. Стабилметрическое исследование. М.: Мaska, 2010. 176 с. / Skvortsov DV. Stabilometric study. Moscow, Maska, 2010. 176 p. (in Russian).
5. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. С. 194-262. / Anokhin PK. Biology and Neurophysiology reflex. Moscow, Medicine, 1968. P. 194-262. (in Russian).
6. Баркер Р., Баразы С., Нил М. Наглядная неврология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 136 с. / Barker R, Barazi S, Neal M. Visual Neuroscience. Moscow, GEOTAR-Media, 2009. 136 p. (in Russian).
7. Покровский В.М. Физиология человека: в 2-х т. М.: Медицина, 2003. 656 с. / Pokrovsky VM. Human Physiology: 2 vol. Moscow, Medicine, 2003. 656 p. (in Russian).
8. Лях В.И. Координационные способности: диагностика и развитие. М.: ТВТ Дивизион, 2006. 290 с. / Lyakh VI. Coordination abilities: diagnostics and the development. Moscow, TVT Division, 2006. 290 p. (in Russian).
9. Шмидт Р. Основы сенсорной физиологии. М.: Мир, 1984. 287 с. / Schmidt R. Basis of sensory physiology. Moscow, Mir, 1984. 287 p. (in Russian).
10. Гуралев В.М. Организационно-педагогические условия формирования статокINETической устойчивости студентов Сибирского юридического института // Вестник ЮрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физкультура и спорт». Челябинск: ЮрГУ, 2003. 172 с. / Guralev VM. Organizational-pedagogical conditions of formation of stability statokinetic students Siberian Law Institute. Vestnik of SUSU. A series of «Education, health, physical education and sport». Chelyabinsk, South Ural State University, 2003. 172 p. (in Russian).

#### Ответственный за переписку:

**Парыгина Оксана Викторовна** – доцент кафедры физического воспитания МГАВТ – филиал ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала

С.О. Макарова Федерального агентства морского и речного транспорта, к.п.н.

Адрес: 115470, Россия, г. Москва, ул. Судостроительная, д. 32, к. 2

Тел. (раб): +7 (499) 618-60-90

Тел. (моб): +7 (915) 041-43-00

E-mail: o.parygina@inbox.ru

of the State Educational Establishment of the Naval and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov

Address: 32-2, Sudostroitel'naya St., Moscow, Russia

Phone: +7 (499) 618-60-90

Mobile: +7 (915) 041-43-00

E-mail: o.parygina@inbox.ru

#### Responsible for correspondence:

**Oksana Parygina** – Ph.D. (Education), Associate Professor of the Department of Physical Education of the MSAWT – Branch

Дата направления статьи в редакцию: 05.04.2017

Received: 5 April 2017

Статья принята к печати: 13.04.2017

Accepted: 13 April 2017

# VIVAX

 @vivaxplanet

 vivax\_for\_life

+7 495 781-66-22

www.vivax.ru



## УНИКАЛЬНАЯ ФОРМУЛА С АКТИВНЫМИ ПЕПТИДНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Спортсмены, поклонники фитнеса, а также все, кто ведет активный образ жизни и следит за своим здоровьем – эта линия средств на основе активных синтезированных пептидных комплексов для вас.

VIVAX Sport – как эффективная подготовка к физическим нагрузкам, так и быстрое восстановление после них, а как бонус – экстренная помощь при травмах.

#### РАЗОГРЕВАЮЩИЙ КРЕМ

- Снимает вероятность травмирования
- Улучшает микроциркуляцию крови, глубоко разогревая мышцы и связки

#### РЕЛАКСАНТНЫЙ ГЕЛЬ

- Снимает боль и усталость, устраняет отеки
- Укрепляет стенки сосудов, обеспечивает эффективную профилактику варикоза

#### РЕГЕНЕРИРУЮЩИЙ КРЕМ

- Восстанавливает мышцы, связки и суставы после травм
- Быстро рассасывает гематомы и отеки при ушибах
- Снимает боль и судороги

#### КРЕМ МОДЕЛИРУЮЩИЙ VIVAX Active Slim

- Стимулирует процессы расщепления и сжигания жиров
- Эффективно подтягивает, восстанавливает эластичность кожи
- Борется с растяжками, снижает вероятность появления новых



## Динамика порога анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле

<sup>1</sup>Н. Г. ВАРЛАМОВА, <sup>1</sup>Т. П. ЛОГИНОВА, <sup>1</sup>И. О. ГАРНОВ, <sup>2</sup>Н. Н. ТИМОФЕЕВ, <sup>1</sup>Е. Р. БОЙКО

<sup>1</sup>ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия

<sup>2</sup>ФГКВОУ ВО Военный институт физической культуры Министерства обороны РФ, Санкт-Петербург, Россия

### Сведения об авторах:

Варламова Нина Геннадьевна – старший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, к.б.н., доцент

Логинава Татьяна Петровна – научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, к.б.н.

Гарнов Игорь Олегович – младший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Тимофеев Николай Николаевич – доцент кафедры естественнонаучных дисциплин и медицинского обеспечения служебно-прикладной физической подготовки ФГОУ ВПО Военного института физической культуры Министерства обороны РФ, к.м.н.

Бойко Евгений Рафаилович – директор ФГБУН Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, д.м.н., проф.

## Dynamics of the anaerobic threshold of ski racers throughout the annual training cycle

<sup>1</sup>N. G. VARLAMOVA, <sup>1</sup>T. P. LOGINOVA, <sup>1</sup>I. O. GARNOV, <sup>2</sup>N. N. TIMOFEEV, <sup>1</sup>E. R. BOYKO

<sup>1</sup>Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

<sup>2</sup>Military Institute of Physical Culture, Saint-Petersburg, Russia

### Information about the authors:

Nina Varlamova – Ph.D. (Biology), Associate Prof., Senior Researcher of the Department of Environmental and Medical Physiology of the Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Tatyana Loginova – Ph.D. (Biology), Scientist of the Department of Environmental and Medical Physiology of the Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Igor Garnov – Junior Researcher of the Department of Environmental and Medical Physiology of the Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Nikolay Timofeev – M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Natural Science Disciplines and Medical Support of Service and Applied Physical Training of the Military Institute of Physical Culture

Evgeny Boyko – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

**Цель исследования:** изучение динамики кардиореспираторных показателей в зоне порога анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле. **Материалы и методы:** проведено 300 обследований 49 лыжников-гонщиков первого спортивного разряда, кандидатов и мастеров спорта в возрасте от 15 до 32 лет (средний возраст 19,7±1,3) на эргоспирометрической системе «Oxycon Pro» (Erich Jaeger) в режиме «breath by breath». В тесте «до отказа» определяли: максимальное потребление кислорода (МПК) и МПК на килограмм массы тела. На уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) – ЧСС, потребление кислорода (ПК), кислородный пульс, мощность выполненной нагрузки. Рассчитаны: процент разницы между ЧСС и расчетной ЧСС, процент ПК от МПК. **Результаты:** выявлено, что увеличение частоты сердечных сокращений в зоне ПАНО на 20% позволяет спортсмену выполнять более длительную нагрузку в аэробном режиме и увеличить ее мощность на 20%. **Выводы:** наиболее благоприятные значения кардиореспираторных показателей в годовом цикле были в подготовительный период, а наименее – в соревновательный, что требует корректировки тренировочного процесса и реабилитационных мероприятий.

**Ключевые слова:** порог анаэробного обмена; лыжники-гонщики; кардиореспираторные показатели; годовой тренировочный цикл.

**Для цитирования:** Варламова Н.Г., Логинава Т.П., Гарнов И.О., Тимофеев Н.Н., Бойко Е.Р. Динамика порога анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 19-24. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.19.

**Objective:** to study the dynamics of cardiorespiratory parameters in the anaerobic threshold zone of ski racers throughout the annual training cycle. **Materials and methods:** 300 examinations of 49 professional ski racers of I category and candidate masters of sports (aged from 15 to 32 years, mean age – 19,7±1,3 (M±m)) were carried out in the breath-by-breath mode on an Oxycon Pro ergospirometric system (Erich Jaeger). Maximal oxygen

consumption (MOC: absolute and per kilogram of body weight) was detected during pass-fail test. Heart rate (HR), oxygen consumption ( $VO_2$ ), oxygen pulse and maximal load were registered in the anaerobic threshold zone. Difference between the actual and theoretically calculated HR,  $VO_2$  percentage (relate to maximal oxygen consumption) was calculated. **Results:** pulse increase in the anaerobic threshold zone by 20% prolonged aerobic activity of ski racers and increased maximal aerobic load by 20%. **Conclusions:** the most favorable values of cardiorespiratory parameters were registered during the preparation period, and the least - during the competition period. This fact requires correction of the training process and rehabilitation.

**Key words:** ski racers; anaerobic threshold; cardiorespiratory parameters; annual training cycle.

**For citation:** Varlamova NG, Loginova TP, Garnov IO, Timofeev NN, Boyko ER. Dynamics of the anaerobic threshold of ski racers throughout the annual training cycle. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2017;7(4):19-24. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.19.

### Введение

Непрерывный мониторинг кардиореспираторных показателей во время тестовых нагрузок на велоэргометре «до отказа» позволяет определить реальные пульсовые зоны частоты сердечных сокращений (ЧСС), оценить уровень физической работоспособности, адекватность тренировочного процесса и предложить корректирующие мероприятия, направленные на улучшение спортивной формы испытуемого. В основе распределения ЧСС на тренировочные (ТЗ) лежит величина максимальной ЧСС (ЧСС<sub>max</sub>) [1]. В современной классификации нагрузок по биоэнергетическим критериям выделяют пять основных зон [1-2]: аэробную (умеренной физической активности 50-60% от ЧСС<sub>max</sub>), активации аэробных процессов (60-70% от ЧСС<sub>max</sub>), устойчивого состояния – преимущественно аэробную с малой долей анаэробного энергообеспечения (70-80% от ЧСС<sub>max</sub>), развития анаэробных возможностей (80-90% от ЧСС<sub>max</sub>) и зону максимальной нагрузки с абсолютным преобладанием анаэробной продукции (90-100% от ЧСС<sub>max</sub>).

Использование на практике пяти расчетных пульсовых зон не дает однозначного ответа о реальном тренировочном пульсе. Тренировки с использованием третьей зоны наиболее широко применяются в базовом периоде подготовки для развития специальной выносливости [2]. Анаэробный порог является высоко воспроизводимым, точно измеряемым и безопасно достижимым параметром для не инвазивной оценки индивидуальной кардиопульмональной физической нагрузки [3]. Начиная с зоны три (70-80% от ЧСС<sub>max</sub>), которой соответствует аэробно-анаэробный переход, нами на практике выявлен значительный дрейф индивидуальных значений ЧСС как в сторону меньших, так и больших значений от расчетной ЧСС. Однако, успешность тренировочного процесса в значительной мере зависит от точности распределения ЧСС на тренировочные зоны [1].

### Цель и задачи исследования

Изучение ежемесячной динамики кардиореспираторных показателей в зоне порога анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле.

### Материалы и методы

Проведено 300 обследований 49 лыжников-гонщиков (юношей и мужчин), первого спортивного разряда, кандидатов и мастеров спорта, членов сборных команд,

в возрасте от 15 до 32 лет (средний возраст 19,7±1,3), проживающих на Европейском Севере России (62° с.ш., 51° в.д.). Все спортсмены подписали добровольное согласие на обследование, методы которого одобрены комитетом по биоэтике ИФ Коми НЦ УрО РАН. Спортсмены обследованы от двух до 15 раз. Результаты обработаны индивидуально, а также по месяцам (кроме августа) годичного тренировочного цикла. Все лыжники выполняли тест «до отказа» [4-5] на велоэргометре с использованием эргоспирометрической системы «Охусон Pro» (Erich Jaeger) в режиме «breath by breath» с усреднением показателей по 15-ти секундным отрезкам. Респираторный порог анаэробного обмена определяли в момент достижения дыхательным коэффициентом единицы [6].

У спортсменов измеряли с помощью медицинского весоростомера: рост и массу тела. На уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) регистрировали ЧСС, потребление кислорода (ПК), кислородный пульс (КП), мощность выполненной нагрузки (N). По результатам теста «до отказа» определяли максимальное потребление кислорода (МПК). Рассчитывали: МПК на килограмм массы тела (МПК/кг), процент разницы между ЧСС и расчетной ЧСС (ЧСС<sub>р</sub>), характерной для третьей зоны, а также процент ПК в зоне ПАНО от МПК (%ПК от МПК). Результаты проверены на нормальность распределения с помощью показателей сдвига и эксцесса. Дальнейшие расчеты выполнены с применением методов параметрической статистики: однофакторного дисперсионного анализа с определением F-критерия Фишера, множественных (по месяцам) сравнений с помощью t-критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони [7].

Характеристики обследованного контингента представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Характеристика обследованного контингента (X±SD)

Table 1

### Characteristics of the surveyed contingent (X ± SD)

Показатели	X±SD	Минимум–максимум
Возраст, лет	19,7±3,9	15–32
Рост, см	176,8±4,8	168,0–187,0
Масса тела, кг	69,2±4,8	54,0–81,6
МПК/кг, мл/мин/кг	63,9±6,0	45,2–78,6

### Результаты и их обсуждение

В большинстве случаев индивидуальная ЧСС на ПАНО в зоне 70-80% от ЧССтах у лыжников-гонщиков была выше расчетной и включала диапазон 70-85% от ЧССтах. Индивидуальная ЧСС у спортсменов соответствовала  $169,7 \pm 14,4$  уд/мин, расчетная –  $160,3 \pm 3,2$  уд/мин и была меньше на 5,5%. Размах индивидуальной ЧСС у лыжников-гонщиков был от 103 до 209 уд/мин, расчетной – от 150,4 до 164,8 уд/мин. В работе Moran-Navarro R. с соавторами [8], выполненной на велосипедистах, выделено также 5 зон ЧСС и зона R2, соответствующая нашей зоне три, включала диапазон 74-86% ЧСС, что вполне согласуется с полученными нами данными.

Таким образом, индивидуальная ЧСС на ПАНО у лыжников-гонщиков была выше расчетной ЧСС на 5,5% и зона три соответствовала 70-85% максимальной ЧСС.

Годовой тренировочный цикл. Нами проанализирована ежемесячная (кроме августа) динамика физиологических показателей у лыжников-гонщиков, а также изменение показателей в конце (апрель, май, июнь) и начале годового тренировочного цикла (сентябрь, октябрь, ноябрь) (табл. 2), когда было проведено наибольшее число обследований.

Как видно из таблицы 2, все показатели, кроме ЧССр, статистически значимо различались в рассматриваемый период времени ( $P < 0,05-0,001$ , F-критерий). Наилучшее функциональное состояние организма лыжников-гонщиков было характерно для сентября и сопровождалось на ПАНО пиковыми значениями ЧСС, ПК, КП, мощности нагрузки и процента ПК от МПК. Разница между ЧСС и ЧССр в этот месяц была минимальной и составляла 9,2%. В мае показатели кислородной обеспеченности организма и мощность нагрузки на ПАНО были минимальными, в октябре зарегистрирована самая низкая ЧСС на ПАНО. Разница между ЧСС и ЧССр в октябре и мае составила 9,6%. Выявлены и статистически значи-

мые различия ( $P < 0,05$ , t – критерий) между отдельными месяцами. Так в сентябре ЧСС, ПК и процент ПК от МПК были больше, чем в мае.

В годовом цикле ( $P < 0,05-0,001$ ) изменялись: ЧСС, ЧССр, ПК, КП, МПК, %ПК от МПК, мощность выполненной нагрузки. Максимальная ЧСС на ПАНО была характерна для сентября ( $174,6 \pm 13,9$  уд/мин), а минимальная – для января ( $154,8 \pm 19,6$  уд/мин). Наиболее благоприятные значения ЧСС на ПАНО были в подготовительный период, а наименее – в соревновательный (рис. 1), что требует корректировки тренировочного процесса и усиления реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление организма после физических и эмоциональных нагрузок.

Индивидуальные значения ЧСС на ПАНО в разные месяцы у лыжников-гонщиков подтверждают не очень благоприятную картину: более низкая ЧСС на ПАНО в соревновательный период по сравнению с подготовительным периодом приводит к тому, что меньшая часть физической нагрузки выполняется в аэробной зоне и быстрее наступает переход в менее физиологически благоприятную анаэробную зону (рис. 2).

К сожалению, нам не удалось сопоставить динамику ЧСС на пороге ПАНО со спортивными результатами лыжников-гонщиков, т.к. в сентябре, когда спортсмены показали наилучшие результаты в тесте «до отказа» еще нет снега, и соревнования проводятся на лыжероллерах и корректного сопоставления результатов соревнований в сентябре и январе – марте не получиться. Результаты подготовительного периода в сентябре выглядят достаточно успешными по показателям кардиореспираторной системы, но в дальнейших периодах годичной подготовки эти наработки утрачиваются, хотя должны нарастать в соревновательный период.

Максимумы и минимумы показателей на ПАНО. Нами проанализированы значения кардиореспираторных показателей у одних и тех же спортсменов при ми-

Таблица 2

**Мощность нагрузки и кардиореспираторные показатели на пороге анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в разные месяцы ( $X \pm SD$ , n)**

Table 2

**Load power and cardiorespiratory parameters of ski-racers in the anaerobic threshold zone in different months ( $X \pm SD$ , n)**

Месяц (номер)	N, Вт <sup>##</sup>	ЧСС, уд/мин <sup>##</sup>	ЧССр, уд/мин	ПК, л/мин <sup>###</sup>	КП, мл/удар <sup>*</sup>	% ПК от МПК <sup>###</sup>
Апрель (1)	$293,3 \pm 26,1$ (12)	$170,2 \pm 10,8$ (12)	$161,6 \pm 1,1$ (12)	$3,810 \pm 0,300$ (12)	$22,4 \pm 1,4$ (12)	$86,6 \pm 6,6$ (12)
Май (2)	$278,0 \pm 35,5$ (20)	$167,8 \pm 21,5$ (20)* (9)	$160,4 \pm 3,9$ (20)	$3,618 \pm 0,478$ (20)* (9)	$21,8 \pm 3,8$ (20)	$83,8 \pm 9,1$ (20)* (9)
Июнь (3)	$284,6 \pm 48,4$ (69)	$168,4 \pm 13,8$ (69)	$160,0 \pm 3,4$ (69)	$3,733 \pm 0,660$ (69)	$22,1 \pm 3,3$ (69)	$85,8 \pm 11,9$ (69)
Сентябрь (4)	$312,4 \pm 44,1$ (84)	$174,6 \pm 13,9$ (84)* (5)	$160,7 \pm 2,6$ (84)	$4,135 \pm 0,566$ (84)* (5)	$23,7 \pm 3,0$ (84)	$91,3 \pm 8,0$ (84)* (5)
Октябрь (5)	$295,7 \pm 43,3$ (74)	$166,1 \pm 12,9$ (74)	$159,5 \pm 3,4$ (74)	$3,729 \pm 0,516$ (74)	$22,5 \pm 2,8$ (74)	$84,8 \pm 7,9$ (74)
Ноябрь (6)	$296,7 \pm 39,0$ (24)	$171,7 \pm 12,9$ (24)	$160,9 \pm 3,4$ (24)	$3,921 \pm 0,453$ (24)	$23,0 \pm 3,1$ (24)	$88,5 \pm 7,5$ (24)

Примечание: ### -  $P < 0,001$ , ## -  $P < 0,01$ , # -  $P < 0,05$  (F-критерий, статистически значимые различия в годовом тренировочном цикле), \*-  $P < 0,05$  (t-критерий с поправкой Бонферрони, статистически значимые различия между отдельными месяцами).

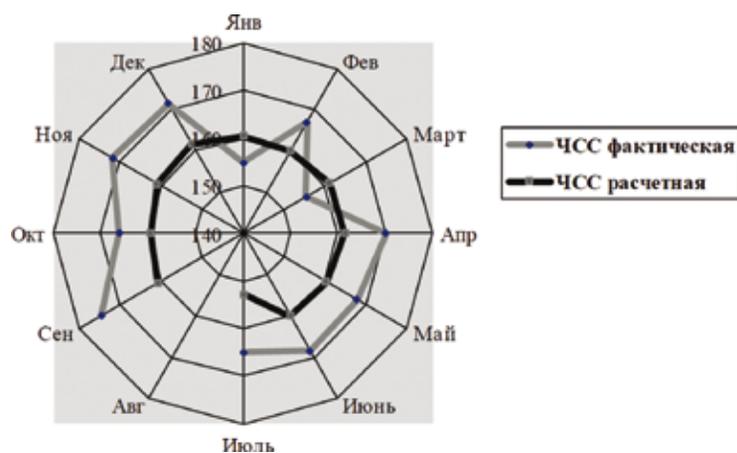


Рис. 1. Фактическая и расчетная ЧСС на пороге анаэробного обмена у лыжников-гонщиков в годовом тренировочном цикле  
 Pic. 1. Actual and calculated heart rate of ski-racers in the anaerobic threshold zone throughout the annual training cycle

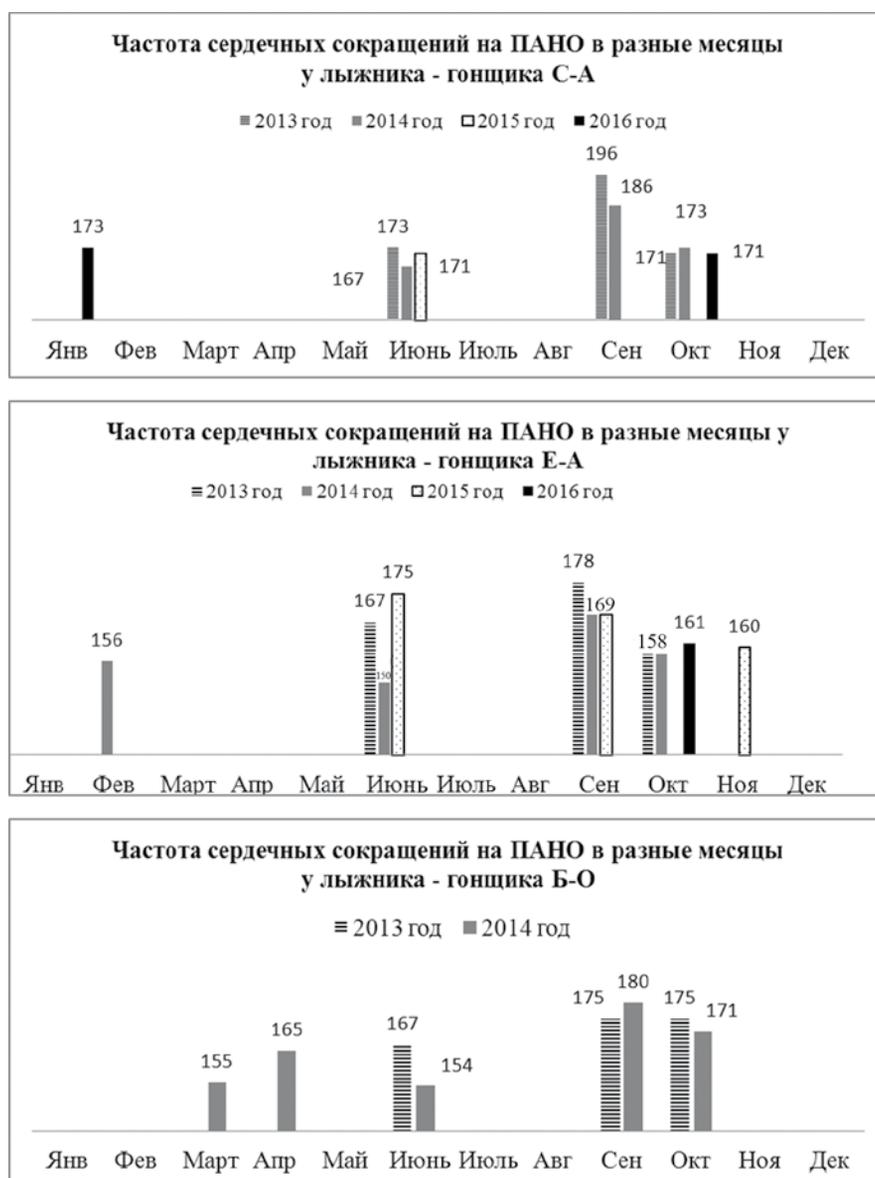


Рис. 2. Частота сердечных сокращений на пороге анаэробного обмена в разные месяцы у лыжников-гонщиков  
 Pic. 2. Heart rate of ski-racers in the anaerobic threshold zone in different months

нимальной и максимальной индивидуальной ЧСС на ПАНО (табл. 3).

Возраст, рост, месяц обследования у них статистически значимо не различались.

Сравнение показателей на уровне максимальной ЧСС на ПАНО с показателями при минимальной ЧСС (которая оказалась меньше на 14,3%) показало, что у лыжников-гонщиков на фоне максимальных значений ЧСС были выше ( $P < 0,001$  t-критерий): МПК – на 6,8%, ПК – на 24,1%, КП – на 8,3%, мощность нагрузки на ПАНО – на 20,3% и процент ПК от МПК – на 16,1% (рис. 3).

Таким образом, увеличение ЧСС на ПАНО в годовом цикле на 20% позволяет спортсмену выполнять более высокие нагрузки в аэробном режиме и увеличить мощность тестовой нагрузки на 20%.

По мнению авторов [9] существует не так много исследований в области количественной оценки учебных тренировочных программ и их влияния на физиологические показатели. В будущем больше внимания должно быть направлено на индивидуальную способность реагирования и адаптацию к обучению. Полагаем, что причиной не благоприятной динамики на ПАНО в годо-

вом цикле в соревновательный период может быть отсутствие или недостаточная индивидуальная коррекция тренировочного процесса и реабилитационных мероприятий.

#### Выводы

1. Индивидуальная частота пульса на пороге анаэробного обмена у лыжников - гонщиков в годовом цикле имеет дрейф в 5,5% и включает диапазон 70-85% максимальной ЧСС.

2. Увеличение частоты сердечных сокращений в зоне ПАНО на 20% позволяет спортсмену выполнять более длительную нагрузку в аэробном режиме и увеличить ее мощность на 20%.

3. Наиболее благоприятные значения кардиореспираторных показателей в зоне ПАНО были в подготовительный период, а наименее – в соревновательный, что требует корректировки тренировочного процесса и реабилитационных мероприятий.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

Таблица 3

**Кардиореспираторные показатели на пороге анаэробного обмена при максимальной и минимальной частоте сердечных сокращений у лыжников-гонщиков ( $X \pm SD, n$ )**

Table 3

**Cardiorespiratory parameters in the anaerobic threshold zone against maximum and minimum heart rate of ski-racers ( $X \pm SD, n$ )**

Частота сердечных сокращений, уд/мин	Потребление кислорода, л/мин	Кислородный пульс, мл/удар	Мощность нагрузки, Вт	Процент потребления кислорода от МПК, %
Максимальная 181,0 $\pm$ 10,4 (49)***	4,244 $\pm$ 0,457 (49)***	23,5 $\pm$ 2,7(49)**	318,4 $\pm$ 36,5 (49)***	93,9 $\pm$ 5,4 (49)***
Минимальная 158,4 $\pm$ 16,8 (47)***	3,421 $\pm$ 0,570 (47)***	21,7 $\pm$ 3,9 (47)**	264,7 $\pm$ 44,6 (47)***	80,9 $\pm$ 11,3 (47)***

Примечание: \*\*\* -  $P < 0.001$ , \*\* -  $P < 0.01$  (t - критерий).

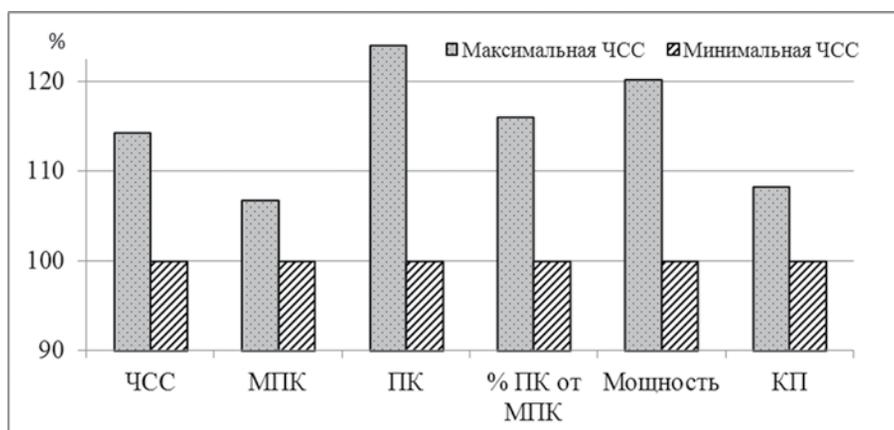


Рис. 3. Мощность нагрузки и кардиореспираторные показатели на пороге анаэробного обмена у лыжников-гонщиков при максимальных и минимальных индивидуальных значениях ЧСС ( $P < 0.01$ ). Минимальная ЧСС принята за 100%

Fig. 3. Load power and cardiorespiratory parameters in the anaerobic threshold zone against maximum and minimum heart rate of skiers-racers ( $P < 0.01$ ). The minimum heart rate is taken as 100%

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

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

### Список литературы/References

1. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Добровольский О.Б., Руненко С.Д., Султанова О.А. Определение тренировочных зон частоты сердечных сокращений для спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2013. №1. С. 40-45. / Landyr AP, Achkasov EE, Dobrovolskiy OB, Runenko SD, Sultanova OA. Defining training zones heart rate for athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2013;(1):40-45. (in Russian).

2. Поликарпочкин А.Н., Левшин И.В., Поварещенкова Ю.А., Поликарпочкина Н.В. Медико-биологический контроль функционального состояния и работоспособности пловцов в тренировочном и соревновательном процессах: методические рекомендации. М.: Советский спорт, 2014. 128 с. / Polikarpochkin AN, Levshin IV, Povarechenkova YuA, Polikarpochkina NV. Medico-biological control of the functional condition and efficiency of swimmers in the training and competition processes: methodological recommendations. Moscow, Soviet sports, 2014. 128 p. (in Russian).

3. Wasserman K, Stringer WW, Casaburi R, Koike A, Cooper CB. Determination of the anaerobic threshold by gas exchange: biochemical considerations, methodology and physiological effects. *Cardiology*. 1994;83(3):1-12.

4. Бутулов Э.Л., Головачев А.И., Козьменко В.Г., Усакова Н.А., Богданов П.Б., Кондратов Н.Н., Потоцкий В.Л. Разработка и обоснование методов оценки уровня функциональной подготовленности спортсменов зимних видов спорта на этапах подготовки // Вестник спортивной науки. 2004. №3. С. 13-16. / Butulov EL, Golovachev AI, Kozmenko VG, Usakova NA, Bogdanov PB, Kondratov NN, Potockii VL. Development and justification of methods for assessing the level of functional preparedness of athletes of winter sports at the stages of training. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2004;(3):13-16. (in Russian).

5. Варламова Н.Г., Логинова Т.П., Мартынов Н.А., Черных А.А., Расторгуев И.А., Гарнов И.О., Ларина В.Е., Бойко Е.Р. Кардиореспираторные предикторы завершения теста с максимальной нагрузкой у высококвалифицированных лыжников – гонщиков // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. №2. С. 53-60. / Varlamova NG, Loginova TP, Martynov NA, Chernykh AA, Rastorguev IA, Garnov IO, Larina VE, Boyko ER. Cardiorespiratory predictors for maximal load test termination in professional cross-country skiers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2015;(2):53-62. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2015.2.53.

6. Логинова Т.П., Потолицына Н.Н., Гарнов И.О., Нутрихин А.В., Ветров А.И., Бойко Е.Р. Динамика функциональных показателей, характеризующих порог анаэробного обмена, в велоэргометрическом тесте до отказа у юношей-лыжников // Спортивная медицина. 2016. №6. С. 4-8. / Loginova TP, Potolitsyna NN, Garnov IO, Nutrihin AV, Vetrov AI, Boyko ER. Dynamics of functional indicators characterizing the threshold of anaerobic metabolism in the bicycle ergometric test to failure in young men-skiers. *Sports medicine*. 2016;(6):4-8. (in Russian).

7. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с. / Glanz S. Medico-biological statistics. Moscow, Practice, 1999. 459 p. (in Russian).

8. Moran-Navarro R, Mora-Rodriguez R, Rodriguez-Rielves V, De la Fuente-Pérez P, Pallarés JG. Heart rate reserve at ventilator thresholds, maximal lactate steady state and maximal aerobic power in well-trained cyclists: training application. *European Journal of Human Movement*. 2016;36:150-162.

9. Borresen J, Lambert M. The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports medicine*. 2009;39(9):779-795.

### Ответственный за переписку:

**Варламова Нина Геннадьевна** – старший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, к.б.н., доцент

Адрес: 167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50

Тел. (раб.): +7 (8212) 24-14-74

Тел. (моб.): +7 (912) 568-55-61

E-mail: nivarlam@physiol.komisc.ru

### Responsible for correspondence:

**Nina Varlamova** – Ph.D. (Biology), Associate Prof., Senior Researcher of the Department of Environmental and Medical Physiology of the Komi Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 50, Pervomayskaya St., Syktyvkar, Russia

Phone: +7 (8212) 24-14-74

Mobile: +7 (912) 568-55-61

E-mail: nivarlam@physiol.komisc.ru

*Дата направления статьи в редакцию: 12.06.2017*

*Received: 12 June 2017*

*Статья принята к печати: 23.06.2017*

*Accepted: 23 June 2017*

## Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности

<sup>1,2</sup>П. К. ПРУСОВ, <sup>2</sup>И. Г. ИУСОВ

<sup>1</sup>ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, Москва, Россия

<sup>2</sup>ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

### Сведения об авторах:

*Прусов Петр Кириллович* – профессор кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, ведущий научный сотрудник ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

*Иусов Игорь Григорьевич* – заведующий организационно-методическим отделом по спортивной медицине ГАУЗ г. Москвы Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы

## Feature of heart rate recovery in young athletes after a bicycle load of different intensity

<sup>1,2</sup>P. K. PRUSOV, <sup>2</sup>I. G. IUSOV

<sup>1</sup>Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

### Information about the authors:

*Petr Prusov* – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Exercise Therapy and Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Leading Researcher of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

*Igor Iusov* – Head of the Organizational Methodological Department for Sports Medicine of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine

**Цель исследования:** установить зависимость показателей восстановления частоты пульса от интенсивности предшествующей нагрузки у юных спортсменов. **Материалы и методы:** обследованы 24 юные спортсмена 13-18 летнего возраста, у которых в зависимости от величины предшествующей 4-х минутной велоэргометрической прерывистой нагрузки до отказа изучали динамику частоты пульса в 3-х минутные восстановительные периоды. Показатели мощности нагрузки и потребления  $O_2$  выражались в относительных величинах ( $0PWC_{mx}$  и  $0Pomx$ ) с учетом максимально достигнутых величин. Определяли: 1. Величины снижения пульса по сравнению с окончанием нагрузки через 0,5, 1 и 3 минуты; 2. Время достижения 50% восстановления ( $t50\%HRR$ ); 3. Относительные показатели частоты пульса к пульсу окончания нагрузок через 0,5, 1 и 3 мин ( $rHR_{0.5}$ , 1 и 3). **Результаты:** с увеличением интенсивности нагрузки показатели восстановления частоты пульса изменялись по-разному. Наиболее информативными для оценки интенсивности нагрузки оказались  $rHR_{3/0.5}$ ,  $t50\%HRR$  и показатели снижения частоты пульса через 0,5 и 1 минут, рассчитанные относительно потенциальной возможности восстановления пульса. **Выводы:** показатели восстановления частоты пульса отражают физическое напряжение организма от максимального уровня. Разработаны многопараметрические уравнения для прогнозирования интенсивности нагрузки и аэробной работоспособности.

**Ключевые слова:** восстановление частоты пульса; интенсивность нагрузки; юные спортсмены; математические модели.

**Для цитирования:** Прусов П.К., Иусов И.Г. Характеристика восстановления частоты пульса у юных спортсменов после велоэргометрической нагрузки разной интенсивности // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 25-29. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.25.

**Objective:** to determine the dependence of heart rate recovery indexes from intensity of previous load in young athletes. **Materials and methods:** the study included 24 young athletes of 13-18 years old. Dynamics of heart rate during 3 minutes of recovery period was studied depending on the intensity of the preceding 4 minutes of bicycle intermittent load to failure. Load power and oxygen consumption were expressed in relative values ( $rPWC_{mx}$  and  $rPomx$ ) taking into account maximum achieved values. Following parameters were determined: 1. Values of pulse decrease in comparison with the end of the load after 0.5, 1 and 3 min; 2. Reaching time for 50% of recovery ( $t50\%HRR$ ); 3. Relation between indexes of heart rate and heart rate of loads end after 0.5, 1 and 3 min ( $rHR_{0.5}$ , 1, 3). **Results:** with increasing of load intensity the heart rate recovery indexes changed differently. The most

informative methods for evaluation of load intensity were  $rHR3/0.5$ ,  $t50\%HRR$  and heart rate reduction indexes after 0.5 and 1 min calculated on the potential possibility of heart rate recovery. **Conclusions:** the heart rate recovery indexes reflect the physical exertion of the organism from the maximum level. Multivariate equations to predict load intensity and aerobic capacity are developed.

**Key words:** heart rate recovery; load intensity; young athletes; mathematical models.

**For citation:** Prusov PK, Iusov IG. Feature of heart rate recovery in young athletes after a bicycle load of different intensity. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):25-29. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.25.

### Введение

Оценке восстановления сердечного ритма после физических нагрузок придается важное значение как в клинике [1, 2], так и в спорте [3-6]. С этой целью применяются показатели восстановления частоты пульса (HRR) [1, 2, 5, 7], восстановления вариабельности сердечного ритма [6, 8], параметры и статистические показатели экспоненциального уравнения [4, 9].

Из показателей HRR наибольшее распространение в научной литературе получили показатель HRR60 [1, 5, 6], определяемый по абсолютной разнице частоты пульса через 60 сек по сравнению с пульсом окончания нагрузки (HRex), и показатель T30 (s) – временная константа краткосрочного постнагрузочного восстановления – или отрицательная обратная величина угла наклона линии регрессии изменения HR ко времени восстановления за 30 сек 1-ой мин. [7]. Предполагается [5, 7], что краткосрочные индексы HRR60 и T30 отражают реактивацию парасимпатической нервной системы в периоде срочного восстановления после нагрузки, скорость которой практически не зависит от интенсивности нагрузки. Вместе с тем, недостаточно изучены другие показатели HRR, измеренные в более короткий и более длительный периоды восстановления, их зависимость от интенсивности нагрузки и их значение для оценки физического напряжения и работоспособности, особенно у юных спортсменов. Также представляет научный и практический интерес вопрос относительной оценки показателей HRR с учетом частоты пульса окончания нагрузки (HRex) и его прироста по сравнению с состоянием покоя  $\Delta HRex$ .

### Материалы и методы исследования

Под наблюдением находилось 24 юных спортсмена 13-18 летнего возраста, различной направленности тренировочного процесса (биатлон, лыжные гонки, футбол, каратэ, акробатика, тяжелая атлетика и другие). Нагрузочное тестирование выполнялось в положении сидя на велоэргометре Lode, Нидерланды с непрерывной регистрацией показателей спироэргометрии на системе Кортекс и продолжительности каждого сердечного цикла на системе Polar RS800. HRR определялось в 3-х мин периоды отдыха после 4-х мин работы. Начальная мощность нагрузки составляла 1.0 W/kg, с последующим увеличением на 0.5 W/kg на каждой последующей ступени до отказа от работы. Максимум потребления  $O_2$  (POpek) ml/kg определялся по наибольшей величине за 30 сек при выполнении нагрузки, а максимальная работоспособность (PWCmx) W/kg по мощности, достигнутой на последней ступени нагрузки. Если обследуемый

не отработал полностью 4 мин на определенной ступени нагрузки, то PWCmx определялась как  $Np+0,5*tn/4$ , где  $Np$  – мощность нагрузки полностью завершенной ступени,  $tn$  – время в мин., проработанное на незавершенной ступени нагрузки. По отношению мощности нагрузки или PO, зарегистрированных на определенной ступени нагрузки, к результатам максимальных величин рассчитывали относительные показатели  $rPWCmx$  и  $rPOpek$ . Сравнительный анализ показателей HRR провели с учетом интенсивности нагрузки от 0,3 до 1,0 ед. в группах, сформированных через 0,1 ед  $rPWCmx$ .

Определялись следующие показатели HRR:

1) Абсолютные величины снижения частоты пульса уд/мин через 0,5, 1 и 3 мин по сравнению с окончанием нагрузки (HRR05, HRR1, HRR 3);

2) Угол наклона динамики пульса ко времени в 1-ую мин восстановления с расчетом индекса T30 (Imai,1994) и индекса Giardini, 2013;

3) Относительные показатели частоты пульса восстановления к пульсу окончания нагрузок в ед. через 0,5; 1 и 3 мин ( $rHR0,5$ ,  $rHR1$ ,  $rHR3$ ) и отношение  $rHR3/0,5$ ;

4) Относительные показатели восстановления пульса, ед. через 0,5; 1,0 и 3.0 мин с учетом  $\Delta HRex$  ( $HRR05/\Delta HRex$ ,  $HRR1/\Delta HRex$ ,  $HRR3/\Delta HRex$ );

5) Время достижения 50% восстановления ( $t50\%HRR$ ), мин.

### Результаты

Средние величины PWCmx и POpek юных спортсменов составили соответственно 3,6 ватт/кг и 53,2 мл/кг с диапазоном колебаний соответственно от 1,75 до 4,5 ватт/кг и от 33,0 до 65 мл/кг. Что в определенной степени отражает разнообразие исследуемой группы по направленности тренировочного процесса. Относительные показатели интенсивности нагрузки, определяемые по  $rPWCmx$  и  $rPOpek$  имели почти функциональную связь, коэффициент корреляции для общей матрицы составил 0,96.

Данные частоты пульса, его увеличение при нагрузке и показатели восстановления в зависимости от интенсивности нагрузки представлены в табл. 1 и рис. 1. С нарастанием интенсивности частота пульса окончания нагрузки и ее изменение по сравнению с уровнем покоя ( $\Delta HRex$ ) неуклонно увеличивались, отражая нарастание потенциальной возможности восстановления частоты пульса по абсолютной величине.

Абсолютные величины HRRt, (рис. 1, а), анализируемые в зависимости от интенсивности нагрузки изменялись по разному с учетом времени регистрации показателей. Показатели HRR0.5 и HRR1 при нарастании интенсивности нагрузки до 0,6-0,7 ед. увеличивались, пос

Таблица 1

**Показатели восстановления частоты пульса юных спортсменов в зависимости от интенсивности велоэргометрической нагрузки ( $M \pm m$ )**

Table 1

**Indexes of heart rate recovery of young athletes depending on the intensity of Bicycle load**

Показатели HHR	Интенсивность нагрузки гPWCmх, ед							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
гPWC, ед								
гPорек, ед	0,42±0,016	0,496±0,012	0,56±0,015	0,648±0,011	0,746±0,015	0,83±0,012	0,913±0,011	0,975±0,009
HRex, уд/мин	123,0±3,8	134,2±3,2	142,7±3,2	153,7±3,0	165,6±2,9	178,1±2,0	187,7±1,6	193,5±1,7
HRex-0, уд,мин	36,93±3,6	47,79±3,2	57,12±3,8	67,87±3,3	81,28±3,5	93,14±3,7	100,8±3,3	108,3±3,4
HRR0.5, уд,мин	26,08±1,6	28,24±1,8	28,73±1,6	28,99±1,8	29,16±1,7	26,96±1,7	24,45±1,7	22,15±1,5
HRR1, уд,мин	31,86±1,8	36,45±2,0	40,54±1,9	43,5±2,5	45,3±2,1	44,22±2,2	42,48±2,2	40,71±2,0
HRR3, уд,мин	34,05±1,9	39,65±2,5	47,9±2,0	54,8±2,8	61,06±2,5	62,78±2,7	65,74±2,2	69,1±2,3
T30, сек	169,8±21	169,6±15	150,2±10	153±14	156,4±13	177,4±16	259,3±27	256,0±22
Индекс Giardini, уд/сек	0,529±0,05	0,559±0,05	0,652±0,05	0,691±0,05	0,799±0,04	0,801±0,04	0,707±0,05	0,684±0,04
гHR05, ед	0,787±0,015	0,789±0,014	0,798±0,013	0,811±0,014	0,823±0,011	0,848±0,01	0,869±0,01	0,885±0,08
гHR1, ед	0,74±0,015	0,728±0,016	0,715±0,014	0,716±0,016	0,726±0,013	0,751±0,013	0,773±0,011	0,789±0,01
гHR3, ед	0,723±0,015	0,704±0,019	0,664±0,014	0,643±0,018	0,631±0,014	0,647±0,015	0,649±0,011	0,643±0,011
гHR3/05, ед	0,917±0,01	0,892±0,012	0,831±0,011	0,793±0,014	0,766±0,014	0,763±0,013	0,747±0,011	0,726±0,011
HRR0.5/ΔHRex, ед	0,706±0,05	0,59±0,04	0,502±0,04	0,427±0,03	0,358±0,02	0,289±0,02	0,242±0,016	0,204±0,011
HRR1/ΔHRex, ед	0,862±0,07	0,762±0,04	0,709±0,05	0,64±0,03	0,557±0,03	0,474±0,02	0,421±0,018	0,375±0,014
HRR3/ΔHRex, ед	0,922±0,08	0,829±0,06	0,838±0,05	0,807±0,03	0,751±0,03	0,674±0,03	0,652±0,02	0,636±0,02
t50%HRR, мин	0,327±0,05	0,449±0,06	0,608±0,09	0,763±0,1	0,9±0,09	1,416±0,15	1,495±0,14	1,52±0,09

ле чего неуклонно снижались до момента отказа от нагрузки. В то время как величина восстановления пульса за 3 мин постоянно увеличивалась с нарастанием гPWCmх.

На рис. 1, б представлены данные HRR, рассчитанные с учетом регрессии угла наклона снижения частоты пульса ко времени в течение 1-ой мин восстановления. С увеличением интенсивности нагрузки до 0,5-0,7 единиц гPWCmх показатель T30 снижался, а индекс Giardini увеличивался (нарастание скорости восстановления HR). При дальнейшем увеличении интенсивности нагрузки до отказа скорость HRR снижалась по обоим показателям.

Относительные показатели HRR представлены на рис. 1, с и 1, д. Показатели частоты пульса, зарегистрированные в определенное время восстановления и выраженные учетом частоты пульса окончания нагрузки рис. 1, с, изменялись поразному в зависимости от интенсивности нагрузки. Величина гHR0,5 неуклонно увеличивалась с нарастанием нагрузки, тогда как соответствующий показатель, зарегистрированный через 3 мин или гHR3, снижался при нарастании гPWCmх до 0,7 ед, а затем с увеличением интенсивности нагрузки практически стабилизировался. Индекс отношения восстановления, достигнутого за 3 мин, к таковому, произошедшему за 0,5 мин, или гHR3/0,5 неуклонно снижался с увеличением интенсивности нагрузки.

Показатели снижения частоты пульса за определенное время (HRRt), рис. 1, д, рассчитанные с учетом потенциальной возможности восстановления (ΔHRex) или HRR05/ΔHRex, HRR1/ΔHRex, HRR3/ΔHRex неуклонно

снижались с нарастанием интенсивности нагрузки. Относительный показатель HRR, определяемый по времени достижения 50% восстановления (t50%HRR), мин, табл. 1, неуклонно увеличивался с нарастанием интенсивности нагрузки.

Линейный корреляционный анализ показателей HRR с интенсивностью выполняемой нагрузки показал различные уровни взаимосвязей, от отсутствия таковых до высокого уровня. Высокий уровень корреляций как с гPWCmх, так и с гPорек с отрицательным знаком определялся для гHR3/0,5, HRR05/ΔHRex, HRR1/ΔHRex, с положительным знаком для t50%HRR и HRR3. Соответственно средний уровень значимости с отрицательным знаком определялся для HRR3/ΔHRex и положительным для гHR0,5. Низкий уровень значимости определялся для HR1, гHR1 и гHR3.

В таблице 2 представлены математические модели прогнозирования относительной мощности нагрузки и потребления O<sub>2</sub> от максимальных величин по данным показателей HRR, разработанные методом пошаговой регрессии. Множественные коэффициенты корреляции прогнозирования гPWCmх и гPорек составили соответственно 0,92 и 0,89 ед. Включенные в первое и второе уравнения соответственно пять и три переменные оказались в основном относительными показателями HRR. Для расчета максимальных показателей работоспособности рекомендуются формулы:  $PWCmх = Nt / гPWCmх$  и  $Pорек = PОт / гPорек$ , где Nt и PОт – соответственно мощность

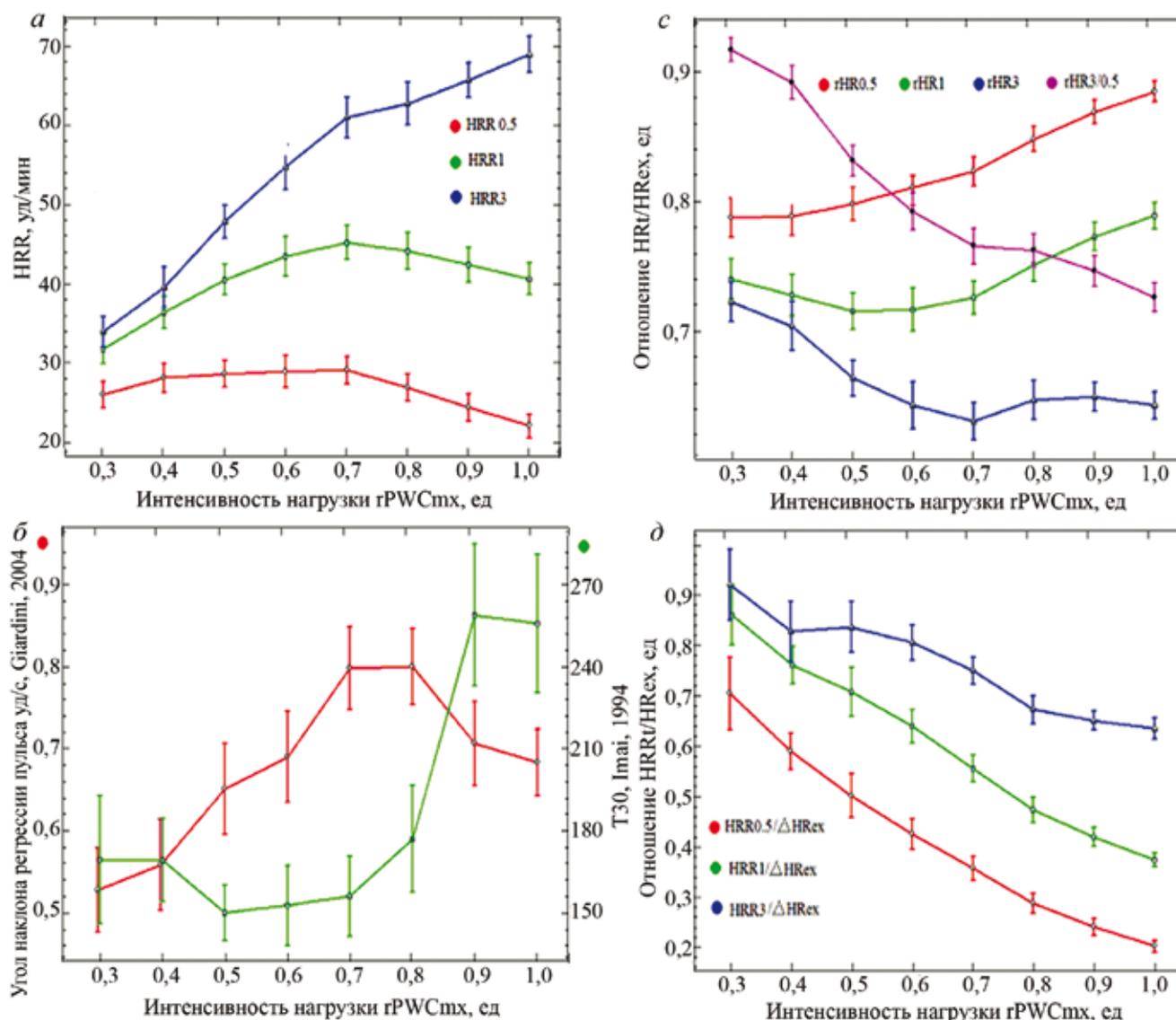


Рис. 1. Показатели восстановления частоты пульса юных спортсменов в зависимости от интенсивности нагрузки. а Абсолютное снижение частоты пульса уд/мин через 0,5; 1,0 и 3,0 мин. б Показатели, определяемые по углу наклона регрессии частоты пульса ко времени восстановления. с Отношение частоты пульса, зарегистрированного через 0,5; 1,0 и 3,0 мин к частоте пульса окончания нагрузки. д Отношение абсолютного снижения частоты пульса за 0,5; 1,0 и 3,0 мин к разнице пульса нагрузки и покоя.

Fig. 1. Indexes of heart rate recovery of young athletes depending on the intensity of the load. a Absolute heart rate beats/min after 0.5, 1.0 and 3.0 min. b parameters, determined by the slope of the regression line of pulse rate to recovery time. c the ratio between heart rate registered via 0.5, 1.0, and 3.0 min. and heart rate at the end of load. d the ratio between absolute decrease in heart rate for the 0.5, 1.0 and 3.0 min and the difference of the pulse load and rest.

Таблица 2

**Математические модели прогнозирования интенсивности нагрузки**

Table 2

**Mathematical models for predicting the intensity of the load**

Прогнозируемые показатели	Коэффиц. множ. корреляции	Математические модели прогнозирования
rPWCmx, ed.	0,92	$-2,1+0,95*rHR3/0,5 - 0,104*\Delta HRR1/\Delta HRex + 0,052*t50\% HRR + 0,013*HRR3 + 1,54* rHR0,5$
rPOpek, ed.	0,89	$1,67 - 1,15*HR3/0,5 - 0,19* \Delta HRR1/\Delta HRex + 0,08*t50\% HRR$

нагрузки и потребление  $O_2$  при прогнозировании относительных показателей интенсивности нагрузки.

### Заключение

Таким образом, у юных спортсменов проанализирован большой комплекс показателей, основанных на разных принципах оценки восстановления частоты пульса после нагрузки: с учетом абсолютного снижения HR, с учетом угла наклона линии регрессии HR ко времени восстановления, с учетом оценки в относительных величинах HRR. Установлен характер зависимости показателей HRR от интенсивности нагрузки и времени их регистрации. Некоторые результаты анализа – увеличение показателя HRR3 и снижение rHR3 (улучшение HRR) при нарастании интенсивности нагрузки на первый взгляд выглядят парадоксально. Тем не менее, данный факт объясняется положительной корреляцией показателей HRRt и особенно HRR3 с потенциальной возможностью HRR, которая неуклонно увеличивается при нарастании интенсивности нагрузки (табл. 1). Это и послужило теоретическим основанием целесообразности выражения показателей восстановления пульса в относительных величинах HRRt/ $\Delta$ HRex. Установлена значимость комплекса анализируемых показателей восстановления частоты пульса для определения уровня физического напряжения организма от максимального уровня и прогнозирования аэробных возможностей работоспособности у юных спортсменов. Для этих целей разработаны многопараметрические уравнения. В данном случае относительные показатели HRR оказались более значимыми, чем абсолютные.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

### Список литературы/References

1. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med.* 2000;(4):552-555.
2. Giardini A, Fenton M. Impairment of heart rate recovery after peak exercise predicts poor outcome after pediatric heart transplantation. *Circulation.* 2013;128:199-204.
3. Borresen J, Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Med.* 2008;38:633-646.
4. Прусов П.К. Показатели экспоненциального уравнения в оценке восстановления частоты пульса у юных спортсменов после выполнения возрастающих по мощности, прерывистых велоэргометрических нагрузок до отказа // Спортивная медицина: наука и практика. 2012. №1(4). С. 12-19. / Prusov PK. Parameters of exponential equation in estimation of recovery a pulse rate by young sportsmen after execution accelerated capacity, interrupted veloergometer loading to overflowing. *Sportivnaya*

*meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2012;(1):12-19. (in Russian).

5. Daanen HA1, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NL. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(3):251-260.

6. Прусов П.К., Корниенко Т.Г., Ваваев А.В., Иусов И.Г., Андреев Р.С., Акимов Е.Б. Динамика вариабельности сердечного ритма юных спортсменов в восстановительном периоде после разных лабораторных нагрузок до отказа // Материалы научно-практической конференции «Инновационные технологии в подготовке спортсменов». М., 2013. С. 70-72. / Prusov PK, Kornienko TG, Vavaev AV, Iusov IG, Andreev RS, Akimov EB. Dynamics of heart rate variability of young athletes during the recovery period after different laboratory loads to failure. (Materials of the scientific conference «Innovative technologies in athletes training»), Moscow, 2013. P. 70-72. (in Russian).

7. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1994;24:1529-1535.

8. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish HH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol.* 2006; 290:2446-2452.

9. Perini R, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989; 58(8):879-883.

### Ответственный за переписку:

**Прусов Петр Кириллович** – профессор кафедры восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, ведущий научный сотрудник ГАУЗ г. Москвы Московского научно-практического центра медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения г. Москвы, филиал № 11, д.м.н.

Адрес: 115551, Россия, г. Москва, ул. Домодедовская, д. 11, корп. 2  
Тел. (раб): +7 (495) 343-15-93  
Тел. (моб): +7 (915) 368-16-84  
E-mail: peter.prusov@mail.ru

### Responsible for correspondence:

**Petr Prusov** – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Rehabilitation, Exercise Therapy and Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Leading Researcher of the Moscow Theoretical and Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine  
Address: 2-11, Domodedovskaya St., Moscow, Russia  
Phone: +7 (495) 343-15-93  
Mobile: +7 (915) 368-16-84  
E-mail: peter.prusov@mail.ru

*Дата направления статьи в редакцию: 16.03.2017*

*Received: 16 March 2017*

*Статья принята к печати: 24.03.2017*

*Accepted: 24 March 2017*

## Клиническая эффективность применения минералосодержащих препаратов и янтарной кислоты у спортсменов

С. В. СИНЦОВА, Ю. С. ЛЕЛЕКОВА, А. А. МЕТЕЛЕВА

ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет Минздрава России, Киров, Россия

### Сведения об авторах:

Синцова Светлана Владимировна – доцент кафедры внутренних болезней ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, к.м.н.

Лелекува Юлия Сергеевна – студент 3 курса стоматологического факультета ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России

Метелева Анастасия Алексеевна – студент 3 курса стоматологического факультета ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России

## Clinical efficacy of mineral-containing preparations and succinic acid in athletes

S. V. SINTSOVA, Yu. S. LELEKOVA, A. A. METELEVA

Kirov State Medical University, Moscow, Russia

### Information about the authors:

Svetlana Sintsova – M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Internal Diseases of the Kirov State Medical University

Yulia Lelekova – 3<sup>rd</sup> year student of the Dentistry Faculty of the Kirov State Medical University

Anastasiya Meteleva – 3<sup>rd</sup> year student of the Dentistry Faculty of the Kirov State Medical University

**Цель исследования:** изучить клиническую эффективность приема препаратов, восстанавливающих водно-солевой баланс и улучшающих энергетический обмен в клетках, для снятия посттренировочных симптомов. **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 64 спортсмена г. Кирова (Кировской обл.). Средний возраст обследуемых составил  $23,9 \pm 5,9$  лет (от 18 до 38 лет). Среди спортсменов проводилось анкетирование с целью получения исходных данных о состоянии здоровья, наличии соматических заболеваний, приеме медикаментозных препаратов, а также выявления жалоб на возникновение посттренировочных симптомов, таких как боль в суставах, боль в мышцах, быстрая утомляемость и др. Проведен осмотр спортсменов в стандартных условиях, взят анализ крови на содержание калия и магния, сняты данные ЭКГ, измерено артериальное давление (АД) и частота сердечных сокращений (ЧСС). Для получения статистически значимых данных все участники данного исследования были разделены на 4 группы по 16 человек (в каждой по 8 мужчин и 8 женщин). I группа принимала препараты в комплексе «Аспаркам+Янтарная кислота», II группа принимала «Аспаркам», III группа – «Кальция глюконат», IV – группа контроля. Спустя 3 недели от начала исследования, когда спортсмены завершили курс приема препаратов, было проведено повторное анкетирование, с целью выявления эффективности назначенных лекарственных препаратов. **Результаты:** проведенное исследование показало высокую частоту встречаемости посттренировочных симптомов у спортсменов. На фоне приема минералосодержащих препаратов и янтарной кислотой отмечено уменьшение частоты встречаемости посттренировочных симптомов, особенно уменьшение частоты и интенсивности болей в мышцах, а также частоты судорог в I и II группах исследования ( $p < 0,05$ ). Сравнительный анализ показал, что применение комбинации минералосодержащих препаратов с препаратами, улучшающими энергетический обмен в клетках, оказывает более эффективное действие на посттренировочные симптомы у спортсменов. **Выводы:** доказана достоверная клиническая эффективность приема минералосодержащих препаратов, особенно при сочетании с янтарной кислотой для устранения симптомов усталости, чувства тяжести в ногах, болей в мышцах и судорог нижних конечностей. У большинства спортсменов, особенно занимающихся активными видами спорта, возникает необходимость приема медикаментов, восстанавливающих водно-солевой баланс и улучшающих энергетический обмен в клетках для более быстрого купирования посттренировочных симптомов.

**Ключевые слова:** калий; магний; «Аспаркам»; янтарная кислота; спортсмены.

**Для цитирования:** Синцова С.В., Лелекува Ю.С., Метелева А.А. Клиническая эффективность применения минералосодержащих препаратов и янтарной кислоты у спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 30-35. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.30.

**Objective:** to study the clinical efficacy of drugs that restore water-salt balance and improve energy metabolism in cells for the removal of post-workout symptoms. **Materials and methods:** 64 sportsmen from Kirov (Kirov region) took part in the study. The average age was 23.9 years (from 18 to 38 years). Sportsmen underwent questioning to identify their health problems, the presence of somatic diseases, medicines, that they are taking and post-training symptoms, such as joint pain, muscle pain etc. We provided medical examination of sportsmen in standard condition; blood test (potassium and magnesium content), ECG, blood pressure and heart rate were measured. All participants in this study were divided into 4 groups of 16 people (8 men and 8 women in each), to obtain statistically significant data. The I group took the complex «Asparcam + Amber Acid», the II group

took «Asparcam», the III group took "Calcium gluconate", the IV group was the control group. After 3 weeks from the beginning of the study, when the sportsmen completed the course of taking medicines, the second questionnaire was conducted to determine the efficiency of the prescribed medicines.

**Results:** the study showed a high incidence of post-workout symptoms in athletes. Against the background of taking mineral-containing drugs and succinic acid, there was a decrease in the frequency of post-workout symptoms, especially a decrease in the frequency and intensity of muscle pain, as well as the frequency of convulsions in groups I and II of the study ( $p < 0.05$ ). Comparative analysis showed that the use of a combination of mineral-containing drugs with drugs that improve energy metabolism in cells, has a more effective effect on post-workout symptoms in athletes. **Conclusion:** the study proved the reliable clinical efficacy of mineral-containing drugs, especially when combined with succinic acid to remove symptoms of fatigue, a sense of heaviness in the legs, muscle pain and the appearance of convulsions of the lower extremities. The majority of athletes, especially those engaged in active sports, there is a need to take medicines that restore water-salt balance and improve energy metabolism in cells for faster relief of post-workout symptoms.

**Key words:** potassium; magnesium; «Asparcam»; «Amber acid»; athletes.

**For citation:** Sintsova SV, Lelekova YuS, Meteleva AA. Clinical efficacy of mineral-containing preparations and succinic acid in athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):30-35. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.30.

### Введение

Профессиональные спортсмены ежедневно подвергают свой организм физическим нагрузкам высокой интенсивности, заставляют работать все органы в экстремальном режиме. В результате чего происходит возбуждение центров терморегуляции, активизируется работа потовых желез – происходят большие потери воды и макроэлементов (K, Na, Mg, Ca). Нарушение водно-электролитного баланса приводит к нарушению формирования клеточных потенциалов действия, что вызывает сбои в передаче нервных импульсов. Происходят приступообразные, непровольные сокращения скелетных мышц, появляются мышечная боль и слабость. Возникают нарушения сердечного ритма [1].

Дефицит макроэлементов в организме способствует развитию дисбаланса физиологических процессов. Немаловажную роль в становлении и прогрессировании различных заболеваний отводят нарушениям электролитного баланса с участием таких электролитов, как магний и калий [2]. Ионы калия и магния в качестве важных внутриклеточных катионов вовлечены в работу целого ряда ферментов и в механизм мышечного сокращения на молекулярном уровне [3]. Ионы калия ( $K^+$ ) участвуют в формировании клеточных потенциалов действия (фазы деполяризации и реполяризации), передаче нервных импульсов, сокращениях кардиомиоцитов, скелетных и гладких мышечных волокон, регулируют и поддерживают функции мочевыделительной системы [4]. Магний способствует фиксации  $K^+$  в клетках, поддерживая поляризацию клеточных мембран, контролирует спонтанную электрическую активность нервной ткани и проводящей системы сердца, а также нормальное функционирование кардиомиоцитов на всех уровнях субклеточных структур, являясь универсальным кардиопротектором [5].

Проблема восстановления оптимального калиево-магниевого баланса для поддержания нормальной жизнедеятельности организма человека в настоящее время устойчиво переместилась в фокус особого внимания, как ученых, так и практикующих врачей различных специальностей. Ещё 30-х годах XX века канадский эндокринолог Ганс Селье (Hans Selye) для профилактики и лечения ишемических, гипоксических и некротических процессов в организме человека предложил комбинированное применение аспарагиновой кислоты с калием и магнием. Он в ходе своего

исследования доказал, что аспарагиновая кислота обладает выраженной способностью повышать проницаемость клеточных мембран для ионов магния и калия [6]. Профессором Агеевым Ф.Т. и профессором Смирновой М.Д. (2012) было доказано, что сочетанный дефицит калия и магния способствует формированию рефрактерного калиевого дефицита — состоянию, при котором мероприятия, направленные на восполнение потерь калия, являются неэффективными на фоне недиагностированного дефицита магния [7]. Таким образом, целесообразность комбинированного применения двух макроэлементов в виде аспарагината имеет убедительную теоретическую основу и практическое подтверждение в кардиологии [8].

Также в современной практической спортивной медицине нашел применение препарат янтарной кислоты. Он, стимулируя окислительно-восстановительные реакции, процессы дыхания и синтез АТФ, активизирует физиологические функции органов и тканей; улучшает сократительную функцию поперечно-полосатой, гладкой мускулатуры и повышает физическую работоспособность. Препарат также способствует утилизации молочной кислоты и этанола [9]. Но научных исследований применения этого препарата в данной области практически не проведено, за исключением исследования по применению оксиметилэтилпиридина сукцината у спортсменов, занимающихся гандболом [10].

В современном мире увеличивается количество людей активно занимающихся спортом, поэтому остро встает необходимость изучения медицинских препаратов и БАД, применяемых в спортивной медицине. Несмотря на повышенный интерес ученых к роли электролитного баланса в поддержании нормального функционирования организма, в литературе мало освещен вопрос влияния калия и магния на организм тренирующихся спортсменов, у которых дефицит этих элементов очень часто диагностируется, а практическое применение многофункциональных препаратов не имеет достаточной научной обоснованности.

**Цель исследования:** изучить клиническую эффективность приема препаратов, восстанавливающих водно-солевой баланс и улучшающих энергетический обмен в клетках, для снятия посттренировочных симптомов.

**Задачи исследования**

1. Оценить влияние препарата «Аспаркам» и комплекса «Аспаркам»/«Янтарная кислота» на симптомы, возникающие у спортсменов после интенсивных тренировок.

2. Провести сравнительный анализ клинической эффективности приема выбранных препаратов у спортсменов с группами контроля и плацебо.

**Методы и материалы исследования**

В исследовании включено 64 спортсмена (футболисты – 25%; регбисты – 21,8%; легкоатлеты – 18,8%; баскетболисты – 17,2%; волейболисты – 17,2%) г. Кирова (Кировской обл.). Средний возраст – 23,9±5,9 лет (от 18 до 38 лет). Проведено анкетирование (с помощью оригинальной анкеты); осмотр спортсменов в стандартных условиях; выполнены анализы крови на содержание калия и магния, ЭКГ, измерено артериальное давление (АД) и частоту сердечных сокращений (ЧСС). В зависимости от режима медикаментозной поддержки все спортсмены разделены на 4 группы по 16 человек (в каждой по 8 мужчин (М) и 8 женщин (Ж)). Подробная характеристика групп представлена в таблице 1. Все препараты принимали перорально в течение 3 недель.

Критериями исключения являлись острая почечная недостаточность, хроническая болезнь почек; гиперкалиемия; гипермагниемия; атриовентрикулярная блокада 2-3 степени; недостаточность надпочечников; тяжелая миастения; синдром Аддисона; язвенная болезнь в период обострения; гастрит с гиперсекрецией; артериальная гипертензия; уролитиаз.

Данные обработаны статистически при помощи программы «BioStat 2009 5.8.3.0» (критерий Вальда-Вольфовица, критерий Манна-Уитни, Хи-квадрата, показатель средней ошибки выборки).

Значение  $p > 0,05$  во всех случаях сравнения, что говорит об однородности сформированных групп по критерию возраста и пола (табл. 1).

**Результаты исследования**

Результаты анкетирования показали, что в течение последних 6 месяцев наиболее часто спортсмены испытывают мышечную боль, боли в суставах, усталость и быструю утомляемость, а также отмечают у себя появление судорог в посттренировочный период.

На основании первого анкетирования мы определили исходные значения критериев, по которым в дальнейшем будет произведена оценка эффективности приема препаратов. Результаты первого анкетирования демонстрируют нам довольно высокую частоту встречаемости посттренировочных симптомов у спортсменов. Критерий уровня значимости различий ответов на вопросы анкеты  $p > 0,05$  во всех случаях сравнения, что свидетельствует о том, что сформированные нами группы имеют одинаковый исходный фон, что обеспечивает достоверность проводимого нами исследования (табл. 2).

Данные ЭКГ до начала приема препаратов показывают, что у 23% участников исследования диагностируется синусовая брадикардия; у 4,7% спортсменов отмечается синусовая аритмия. Нарушение AV-проводимости, определяемое как AV-блокада I степени, были зарегистрированы у 9,4%. Данные состояния является вариантом нормы для людей, регулярно занимающихся спортом.

По данным анализа крови на содержание электролитов видно, что уровень  $K^+$  у некоторых участников опускается ниже нормы, а уровень  $Mg^{2+}$  имеет пограничные значения с нижней границей нормы. На основании этого мы можем предположить, что интенсивные физические нагрузки, действительно, способствуют потере организмом ионов калия и магния. Критерий значимости различий ( $p$ ) при сравнении данных анализов двух групп больше 0,05, что говорит об незначительных колебаниях уровня электролитов у разных участников исследования, значит, сформированные группы однородны по данному критерию (табл. 3).

Уровень АД обследованных нами спортсменов находится в пределах нормы. У многих участников иссле-

Таблица 1

**Характеристика и данные о возрастном-половом составе групп**

Table 1

**Characteristics and data on age and sex composition of groups**

Группа	Средний возраст, лет	Данные о приеме препарата	P
I группа	М – 21,88±3,94; Ж – 24,75±6,45	«Аспаркам» (0,5 г 3 р/сут), «Янтарная кислота» (0,25 г 3 р/сут)	0,653
II группа	М – 25,13±7,72; Ж – 22,38±1,54	«Аспаркам» (0,5 г 3 р/сут)	0,653
III группа («Плацебо»)	М – 23,5±1,32; Ж – 22,25±4,18	Кальция глюконат (0,5 г 3 р/сут)	0,323
IV группа (Контроль)	М – 27,75±5,24; Ж – 25,88±6,17	Препараты не принимали	—

\*М – мужчины, Ж – женщины.

p – уровень значимости различий возрастов участников опытных групп (М и Ж) с группой контроля согласно критерию серий Вальда-Вольфовица.

Таблица 2

## Результаты первого анкетирования

Table 2

## Results of the first questioning

Вопрос	I группа, %±m	II группа, %±m	III группа, %±m	IV группа, %±m	P
Есть ли у Вас нарушения сердечного ритма?	18,8±4,26	6,3±2,49	0±0,0	0±0,0	0,23
Отмечали ли Вы у себя за последние полгода:					
● Пониженное АД	18,8±4,26	25±4,9	12,5±3,5	12,5±3,5	0,57
● Боли в суставах	43,8±6,38	50±6,78	31,3±5,45	37,5±5,94	0,77
● Боли в мышцах	81,3±8,41	81,3±8,41	62,5±7,5	62,5±7,5	0,33
● Судороги	31,3±5,45	31,3±5,45	31,3±5,45	37,5±5,94	0,90
● Тяжесть в ногах	56,3±7,15	62,5±7,5	12,5±3,5	25±4,9	0,18
● Усталость, быструю утомляемость	50±6,78	43,8±6,38	18,8±4,26	25±4,9	0,36
● Большую прибавку или потерю веса	12,5±3,5	6,3±2,49	6,3±2,49	6,3±2,49	0,79

p – уровень значимости различий ответов на каждый вопрос анкеты всех участников опытных групп с группой контроля согласно тесту Манна-Уитни.

Таблица 3

## Результаты анализов крови (содержание магния и калия)

Table 3

## Blood test results (magnesium and potassium content)

Содержание электролитов в крови	I группа	II группа	p
K <sup>+</sup> , ммоль/л (N: 3,5 – 5,5 ммоль/л)	Среднее значение: M – 3,6±0,26 (от 3,4 до 4,1); Среднее значение: Ж – 3,6±0,25 (от 3,4 до 4,1)	Среднее значение: M – 3,6±0,24 (от 3,3 до 4,1); Среднее значение: Ж – 3,6±0,33 (от 3,3 до 4,2)	0,82
Mg <sup>2+</sup> , ммоль/л (N: 0,75 – 1,25 ммоль/л)	Среднее значение: M – 0,90±0,04 (от 0,84 до 0,95); Среднее значение: Ж – 0,92±0,07 (от 0,86 до 1,05)	Среднее значение: M – 0,86±0,04 (от 0,80 до 0,94); Среднее значение: Ж – 0,89±0,04 (от 0,82 до 0,95)	0,13

p – уровень значимости различий содержания электролитов в крови между участниками двух групп согласно тесту Манна-Уитни.

дования ЧСС ниже 60 уд/мин, что является признаком брадикардии, характерной для спортсменов. Уровень различий в опытных и контрольной группе  $p > 0,05$ , значит, исходный фон артериального давления и частоты сердечных сокращений спортсменов всех групп находится в одном диапазоне, это позволяет нам утверждать, что незначительные колебания в данных показателях никак не повлияют на достоверность результатов, полученных после исследования (табл. 4).

Спустя 3 недели от начала исследования, когда спортсмены завершили курс приема препаратов, было проведено повторное анкетирование, с целью выявления эффективности назначенных лекарственных препаратов.

Результаты повторного анкетирования показали достоверное ( $< 0,05$ ) уменьшение частоты и интенсивности болей в мышцах, а также частоты судорог в I и II группах исследования, что свидетельствует об эффективности применяемых препаратов (табл. 5).

Кроме того, сравнили эффективность приема только минералосодержащих препаратов и комбинацию их с препаратами, улучшающими энергетический обмен в клетках.

Сравнительный анализ показал, что применение комбинации минералосодержащих препаратов с препаратами, улучшающими энергетический обмен в клетках,

оказывает более эффективное действие на посттренировочные симптомы у спортсменов (табл. 6, 7).

Данные измерений АД и ЧСС у спортсменов через 3 недели не имели значительных изменений по сравнению с исходными ( $p > 0,05$ ) – показатели артериального давления и частоты сердечных сокращений однородны среди всех обследованных спортсменов.

**Выводы**

1. В ходе исследования доказана достоверная эффективность приема минералосодержащих препаратов («Аспаркам» и комплекса «Аспаркам»/«Янтарная кислота»), особенно при сочетании с янтарной кислотой на снятие симптомов усталости, чувства тяжести в ногах, болей в мышцах и возникновения судорог нижних конечностей.

2. У большинства спортсменов, особенно занимающихся активными видами спорта, возникает необходимость приема медикаментов, восстанавливающих водно-солевой баланс и улучшающих энергетический обмен в клетках для более быстрого купирования посттренировочных симптомов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

Таблица 4  
Уровень артериального давления и частоты сердечных сокращения до приема лекарственных средств

Table 4

**Blood pressure and heart rate level before taking medicines**

Показатели	I группа	II группа	III группа	IV группа	P
АД, мм.рт.ст.	Ср. знач.: М – 126/77 (от 115/72 до 135/83); ср. знач.: Ж – 127/76 (от 114/71 до 138/86)	Ср. знач.: М – 129/77 (от 110/68 до 140/87); ср. знач.: Ж – 124/73 (от 116/67 до 132/81)	Ср. знач.: М – 127/72 (от 122/64 до 135/78); ср. знач.: Ж – 128/74 (от 120/75 до 134/81)	Ср. знач.: М – 129/77 (от 120/67 до 136/80); ср. знач.: Ж – 127/75 (от 121/69 до 134/79)	Систолическое АД - 0,45; Диастолическое АД - 0,67
ЧСС, уд/мин	Ср. знач.: М – 65 (от 48 до 85); ср. знач.: Ж – 59 (от 53 до 68)	Ср. знач.: М – 63 (от 51 до 88); ср. знач.: Ж – 65 (от 59 до 73)	Ср. знач.: М – 60 (от 52 до 70); ср. знач.: Ж – 65 (от 57 до 75)	Ср. знач.: М – 63 (от 55 до 71); ср. знач.: Ж – 62 (от 56 до 65)	0,79

p – уровень значимости различий показателей АД (мм.рт.ст.) и ЧСС между участниками групп согласно тесту Манна-Уитни.

**Результаты второго анкетирования**

Таблица 5

Table 5

**Results of the second questioning**

Вопрос	I группа, %±m	P	II группа, %±m	P	III группа, %±m	P	IV группа, %±m
Отмечали ли Вы у себя за последние 3 недели:							
● Понижение или повышение АД	25±3,5	0,144	6,3±2,49	1	18,8±4,26	0,285	6,3±2,49
● Нормализацию АД	18,8±4,26	0,068	18,8±4,26	0,068	0±0,0	1	0±0,0
● Уменьшение частоты болей в суставах	12,5±3,5	0,544	12,5±3,5	0,544	0±0,0	0,31	6,3±2,49
● Увеличение частоты болей в суставах	6,3±2,49	0,29	6,3±2,49	0,29	0±0,0	0,07	18,8±4,26
● Уменьшение интенсивности болей в суставах	18,8±4,26	0,29	6,3±2,49	1	0±0,0	0,31	6,3±2,49
● Увеличение интенсивности болей в суставах	0±0,0	0,31	0±0,0	0,31	0±0,0	0,31	6,3±2,49
● Уменьшение частоты болей в мышцах	50±6,78	0,001	43,8±6,38	0,003	12,5±3,5	0,144	0±0,0
● Увеличение частоты болей в мышцах	0±0,0	0,144	6,3±2,49	0,544	18,8±4,3	0,626	12,5±3,5
● Уменьшение интенсивности болей в мышцах	75±8,12	0,002	43,8±6,38	0,003	6,3±2,49	0,310	0±0,0
● Увеличение интенсивности болей в мышцах	0±0,0	1	0±0,0	1	18,8±4,26	0,069	0±0,0
● Судороги	0±0,0	0,003	12,5±3,5	0,049	31,3±5,45	0,465	43,8±6,38
● Тяжесть в ногах	18,8±4,26	0,669	43,8±6,38	0,208	12,5±3,5	0,365	25±4,9
● Усталость, быструю утомляемость	25±4,9	0,609	37,5±5,94	0,809	18,8±4,26	0,354	31,3±5,45
● Большую прибавку или потерю в весе	0±0,0	1	0±0,0	1	0±0,0	1	0±0,0
● Учащение сердцебиения	12,5±3,5	0,144	12,5±3,5	0,144	12,5±3,5	0,144	0±0,0
● Урежение сердцебиения	6,3±2,49	0,31	0±0,0	1	0±0,0	1	0±0,0

p – уровень значимости различий ответов на каждый вопрос анкеты участников опытных групп с группой контроля согласно тесту Хи-квадрата.

**Сравнение показателей до и после исследования в I группе**

Таблица 6

Table 6

**Comparison of indicators before and after the study of the first group**

Отмечали ли вы у себя:	Исходный фон, %±m	«Аспаркам»/«Янтарная кислота», %±m	P
Тяжесть в ногах	56,3±7,15	18,8±4,26	0,028
Усталость, быструю утомляемость	50±6,78	25±4,9	0,144

p – уровень значимости различий ответов до и после исследования участников первой группы согласно тесту Хи-квадрата.

Таблица 7

## Сравнение показателей до и после исследования во II группе

Table 7

## Comparison of indicators before and after the study of the second group

Отмечали ли вы у себя:	Исходный фон, %±m	«Аспаркам», %±m	p
Тяжесть в ногах	62,5±7,5	43,8±6,38	0,288
Усталость, быструю утомляемость	43,8±6,38	37,5±5,94	0,719

p – уровень значимости различий ответов до и после исследования участников второй группы согласно тесту Хи-квадрата.

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

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

## Список литературы/References

1. Lee Hamm L, Hering-Smith KS, Nakhoul NL. Acid-base and potassium homeostasis. *Seminars in Nephrology*. 2013;33(3):257-264.

2. Gennari FJ. Hypokalemia. *The New England Journal of Medicine*. 1998;339(7):451-458.

3. Косарев В.В., Бабанов С.А. Панангин в лечении и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний // Русский медицинский журнал. 2012. №34. С. 1660-1664. / Kosarev VV, Babanov SA. Panangin in the treatment and prevention of cardiovascular diseases. *Russian Medical Journal*. 2012;(34):1660-1664. (in Russian).

4. Ascherio A, Rimm EB, Hernán MA, Giovannucci EL, Kawachi I, Stampfer MJ, Willett WC. Intake of potassium, magnesium, calcium, and fiber and risk of stroke among US men. *Circulation*. 1998;98(12):1198-1204.

5. Шилов А.М., Мельник М.В., Осия А.О. Препараты калия и магния при лечении сердечно-сосудистых заболеваний в практике врача первичного звена здравоохранения // Русский медицинский журнал. 2012. №3. С. 102-107. / Shilov AM, Melnik MV, Hosea AO. Preparations of potassium and magnesium in the treatment of cardiovascular diseases in the practice of primary care physician. *Russian Medical Journal*. 2012;(3):102-107. (in Russian).

6. Стукс И.Ю. Магний и сердечно-сосудистая патология // Кардиология. 1996. № 4. С. 74-75 с. / Stokes IYu. Magnesium and cardiovascular pathology. *Cardiology*. 1996;(4):74-75. (in Russian).

7. Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Галанинский П.В., Свирида О.Н., Кузьмина А.Е., Патрушева И.Ф., Нуралиев Э.Ю. Применение препарата Панангин в амбулаторной практике у больных артериальной гипертензией в период летней жары. *Врач*. 2012. №5. С. 64-69. / Ageev FT, Smirnova MD, Galaninsky PV, Svirida ON, Kuzmina AE, Patrusheva, IF, Nuraliev, EYu. The use of the drug Panangin in outpatient practice in patients with arterial hypertension in the summer heat. *Doctor*. 2012;(5):64-69. (in Russian).

8. Ляшенко Е.А. Роль калия и магния в профилактике инсульта // Русский медицинский журнал. 2012. №19. С. 60-65. / Lyashenko EA. The role of potassium and magnesium in the prevention of stroke. *Russian Medical Journal*. 2012;(19):60-65. (in Russian).

9. Ачкасов Е.Е., Благова Н.Н., Гансбургский А.Н., Гансбургский М.А., Коромыслов А.В., Лебедев А.В., Маргазин В.А., Никитина И.Е., Носков С.М., Павлов А.В., Поляев Б.А. Клинические аспекты спортивной медицины: руководство. СПб.: СпецЛит, 2014. 462 с. / Achkasov EE, Blagova NN, Hansburg AN, Hansburg MA, Koromyslov AV, Lebedev AV, Margazin VA, Nikitina IE, Noskov SM, Pavlov AV, Polyayev BA. *Clinical Aspects of Sports Medicine: a guide*. Saint-Petersburg, SpetsLit, 2014. 462 p. (in Russian).

10. Хребтова А.Ю., Шаламова Н.А. Адаптогенная и актопротекторная активность сукцинатов: опыт применения оксиметилэтилпиридина сукцината (мексидола) в гандболе // Теория и практика физической культуры. 2015. №5. С. 48-51. / Khrebtova AYU, Shalamova NA. Adaptogenic and Actoprotective Activity of Succinates: Experience in the Use of Oxymethylethylpyridine Succinate (Mexidol) in Handball. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2015;(5):48-51. (in Russian).

## Ответственный за переписку:

**Синцова Светлана Владимировна** – доцент кафедры внутренних болезней ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, к.м.н.

Адрес: 610998, Россия, Кировская область, г. Киров, ул. К. Маркса, д. 112

Тел. (раб): +7 (8332) 64-38-36

Тел. (моб.): +7 (912) 821-18-22

E-mail: svvlml@yandex.ru

## Responsible for correspondence:

**Svetlana Sintsova** – M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Internal Diseases of the Kirov State Medical University

Address: 112, Karl Marks St., Kirov, Russia

Phone: +7 (8332) 64-38-36

Mobile: +7 (912) 821-18-22

E-mail: svvlml@yandex.ru

Дата направления статьи в редакцию: 10.04.2017

Received: 10 April 2017

Статья принята к печати: 23.04.2017

Accepted: 23 April 2017

## Плантографическое исследование стоп и оценка качества жизни детей, занимающихся танцами

<sup>1</sup>Н. М. ПОПОВА, <sup>1,2</sup>А. А. БУРТ, <sup>1</sup>А. В. ТАРАСОВА

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск, Россия

<sup>2</sup>ФКУ Научно-исследовательский институт ФСИН России, Москва, Россия

### Сведения об авторах:

Попова Наталья Митрофановна – заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России, проф., д.м.н.

Бурт Альбина Анасовна – старший преподаватель кафедры гигиены ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России, ведущий научный сотрудник ФКУ НИИ ФСИН России, к.м.н.

Тарасова Алена Владимировна – студентка 5 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России

## Plantography research of feet and estimation of the quality of the life of children keen on dancing

<sup>1</sup>N. M. POPOVA, <sup>1,2</sup>A. A. BURT, <sup>1</sup>A. V. TARASOVA

<sup>1</sup>Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia

<sup>2</sup>Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Moscow, Russia

### Information about the authors:

Natalya Popova – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Public Health and Healthcare of the Izhevsk State Medical Academy

Albina Burt – M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Lecturer of the Department of Hygiene of the Izhevsk State Medical Academy, Leading Researcher of the Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Alyona Tarasova – M.D., Senior of Medical Faculty of the Izhevsk State Medical Academy

**Цель исследования:** влияние спортивных бальных танцев, народной и современной хореографии на функциональное состояние стопы детей, а также сравнение качества жизни детей, занимающихся танцами, и их сверстников. **Материалы и методы:** в изучении функционального состояния стоп посредством плантографии приняло участие 183 ребенка, занимающихся танцами в возрасте от 3 до 16 лет в хореографических коллективах Удмуртской Республики. Методом, используемым для определения качества жизни, было анкетирование с использованием переведенного опросника PedsQL 83 детей младшего возраста и подростков, занимающихся спортивными бальными танцами (основной группы), и 78 детей младшего возраста и подростков, не занимающихся танцами (группы сравнения), Удмуртской Республики. **Результаты:** в возрасте 3-7 лет распространенность изменений продольного свода стопы составляла: 21±3 по спортивным бальным танцам и 60±1 в современной хореографии (p<0,001). Наблюдается тенденция формирования деформаций поперечного рессорного свода стопы во всех хореографических направлениях: к 8-12 годам по спортивным бальным танцам – 45±4, по современным – 61±4 (p<0,001), которая нивелируется к 13-16 годам у представителей бальной хореографии более остальных – 19±4 (p<0,001). Систематические и пролонгированные занятия спортивными бальными танцами способствуют достоверному повышению уровня качества жизни подростков 13-18 лет (p<0,01). **Выводы:** 1. Критическим периодом в плане формирования сводов стопы у танцоров является период 3-7 лет. 2. Наиболее склонным к приобретению патологии у танцоров является поперечный рессорный свод стопы. 3. Чем выше физическая активность подростка, тем выше качество его жизни.

**Для цитирования:** Попова Н.М., Бурт А.А., Тарасова А.В. Плантографическое исследование стоп и оценка качества жизни детей, занимающихся танцами // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 36-41. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.36.

**Objective:** influence of ballroom dancing, folk and contemporary dance choreography on the functional state of the foot of children and the comparison of the quality of life of dancing children and their peers. **Materials and Methods:** 183 children at the age of 3-16 dancing in choreographic groups of the Udmurt Republic underwent the plantographic examination of the functional state of the feet. The questioning of 83 children-ballroom dancers (main group) and 78 peers (comparison group) from the Udmurt Republic with the help of translated PedsQL questionnaire was used for determination of the life quality. **Results:** the following prevalence of changes of longitudinal arches among children of 3-7 years old was detected: 21±3 persons in ballroom dancing and 60±1 persons in contemporary choreography (p<0,001). There was an upward trend in deformation of the transverse spring arch in all dance styles: at the age of 8-12 years 45±4 persons in ballroom dancing and 61±4 persons in contemporary dancing (p<0,001). This value reduced by the age of 13-16 years among ballroom dancers more than any other dancers – 19±4 persons (p<0,001). Systematic and

extended ballroom dance training contribute to reliable improvement of the life quality of the children at the age of 13-18 years ( $p < 0,01$ ). **Conclusions:** 1. The critical period in arches formation for dancers is the age of 3-7 years. 2. Among dancers the transverse spring arche is at most risk of getting pathologies. 3. The higher the physical activity of a teenager provides the better quality of his life.

**Key words:** children; the quality of life; ballroom dancing; pathology; feet.

**For citation:** Popova NM, Burt AA, Tarasova AV. Plantography research of feet and estimation of the quality of the life of children keen on dancing. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):36-41. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.36.

### Введение

Занятия спортивными балльными танцами дают организму ребенка физическую нагрузку, равную сочетанию нескольких видов спорта, и оказывают положительное влияние на уровень его физического здоровья. Среднегодовой сдвиг показателей физической подготовленности у детей, занимающихся танцевальным спортом, выражается в повышении скоростно-силовой выносливости мышц ног и брюшного пресса, становой силы, равновесия, подвижности позвоночника, удлинении времени проб Штанге и Генчи, жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ), незначительном приросте частоты сердечных сокращений (ЧСС) после тренировки относительно значений ЧСС в покое, увеличении показателя глубины наклона и т.д.), что подтверждается целым рядом исследований [1-3]. Однако занятия спортом и хореографическим искусством, в частности, спортивными балльными танцами, не оказывают положительного влияния на развитие мышечно-суставного аппарата стопы, о чем свидетельствуют данные исследований. Выявлено, что только 4,8% обследованных детей имело нормальную стопу [4, 5].

Здоровье ребенка определяется не только уровнем его физического развития, но и рядом других факторов, в частности, факторами психоэмоционального здоровья. Под влиянием занятий спортивными балльными танцами респонденты отметили общее количество изменений в уровне психического здоровья на 70-80%: заметна тенденция к большей динамике общительности, нежели агрессивности, а также значительное увеличение выраженности наиболее конструктивной стратегии поведения в конфликте – сотрудничества по данным ранее проведенных исследований [6].

Одним из перспективных методов оценки состояния здоровья детей является оценка качества жизни, которое определяется главным образом не только физическими, но и психологическими, социальными и духовными факторами [7]. Для его анализа в настоящее время широко применяется опросник Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL) 4,0 Generic Core Scale [8].

Проблема деформации стоп у детей, занимающихся хореографическим искусством, заслуживает особого внимания, так как одной из причин истинного плоскостопия является ослабление мышечно-суставного аппарата при усиленных тренировках [9].

Поскольку исследования качества жизни у спортсменов и детей, которые занимаются хореографическим ис-

кусством, проводились крайне редко, мы считаем проблему оценки действительного состояния физического и психоэмоционального статуса детей, его динамику особенно актуальной в настоящее время.

**Цель исследования** заключалась в том, чтобы изучить влияние физических нагрузок в спортивных балльных танцах, народной и современной хореографии на функциональное состояние стопы у детей и подростков 3-16 лет, а затем проанализировать качество жизни (КЖ) детей, занимающихся спортивными балльными танцами различных возрастных групп, и их сверстников.

### Задачи

1) Определить влияние тренировочного процесса в спортивных балльных, народных и современных танцах на функциональное состояние стопы детей различных возрастных групп.

2) Осуществить оценку качества жизни детей, занимающихся спортивными балльными танцами, и их сверстников в зависимости от возрастных групп.

### Организация и методы исследования

Исследована форма подошвенной поверхности свода стопы 183 детей и подростков в возрасте от 3 до 16 лет, занимающихся спортивными балльными танцами в возрасте 3-7 лет ( $n=39$ ), 8-12 лет ( $n=31$ ) и 13-16 лет ( $n=16$ ), народными танцами в возрасте 8-12 лет ( $n=15$ ) и 13-16 лет ( $n=15$ ) и современными танцами в возрасте 3-7 лет ( $n=16$ ), 8-12 лет ( $n=36$ ) и 13-16 лет ( $n=15$ ) танцевально-спортивных клубов и хореографических ансамблей города Глазова и Ижевска Удмуртской республики для выявления плоскостопия.

Проанализированы результаты анкетирования и плантограммы, составленные при осмотре пациентов благодаря использованию метода плантографии при обязательном информированном согласии родителей. Анализ плантограмм проводился с использованием методики, изложенной А.А. Руденко и соавт. (2011) [10].

Методом, используемым для определения качества жизни, было анкетирование с использованием переведенной версии оригинального опросника PedsQL 83 детей младшего возраста и подростков, занимающихся спортивными балльными танцами в возрасте 3-7 лет ( $n=29$ ), 8-12 лет ( $n=27$ ), 13-18 лет ( $n=27$ ). Группу сравнения составили 78 детей младшего возраста и подростков, не занимающихся танцами, в возрасте 3-7 лет ( $n=25$ ), 8-12 лет ( $n=30$ ) и 13-18 лет ( $n=23$ ). Все анкеты были получены при добровольном информированном согласии родителей и детей.

Анкета содержала четыре блока вопросов, включающих в себя оценку физического (ФФ), эмоционального

(ЭФ), социального (СФ) и ролевого функционирования (РФ) [11].

Качество жизни детей в возрасте 3-7 и 8-12 лет оценивали по опросникам, которые заполняли родители. Подростки 13-18 лет отвечали на вопросы самостоятельно.

Для оценивания ответов использовалась шкала Ликерта: 0 – никогда, 1 – почти никогда, 2 – иногда, 3 – часто, 4 – почти всегда. Если было пропущено более 50% вопросов, то суммарный балл по блоку не считали.

Общее количество баллов переводилось в балл качества жизни: 0 – 100 баллов, 1 – 75 баллов, 2 – 50 баллов, 3 – 25 баллов и 4 – 0 баллов. Чем выше итоговая сумма, тем выше уровень качества жизни [12,13].

Для статистической достоверности были оценены  $m$  – математическая ошибка,  $P$  – доля признака,  $T$  – коэффициент Стьюдента и  $U$  – критерий Манна-Уитни с использованием MicrosoftOfficeExcel 2007 forWindowsи SPSS 20.0. Результаты представлены в виде  $M \pm m$  (баллов) и  $P \pm m$  на 100 обследованных. Достоверность результатов рассматривалась при  $p < 0,05$  и ниже.

### Результаты исследования

В преддверии оценки состояния продольного и поперечного сводов стопы первым этапом было проведено анкетирование родителей и детей. Благодаря проведенному анкетированию мы выявили наибольшую приверженность (комплаентность) к ношению специальной обуви у детей, занимающихся народными и спортивными бальными танцами ( $p < 0,001$ ). Согласно полученным данным можно утверждать, что бальные и народные танцоры используют профессиональную обувь на тренировках в большей степени ( $p < 0,001$ ). В наибольшей степени выявлены достоверные данные по показателю регулярности использования профессиональной обуви детьми, представляющими бальные спортивные танцы ( $p < 0,05$ ).

При анализе плантограммы на втором этапе показателями, подвергавшимися оценке, были показатели продольного и поперечного рессорного сводов стопы.

При исследовании продольного свода стопы удалось выявить:

1) При сравнении трех возрастных групп спортивных бальных танцоров отмечено, что имело место достоверное снижение частоты выявления стоп с уплощенным продольным сводом как от 3-7 лет к 8-12 годам ( $p < 0,05$ ), так и от 8-12 лет к 13-16 годам ( $p < 0,05$ ) и рост показателя нормальной и повышенной функции данного свода при переходе из дошкольного возраста в группу 8-12 лет ( $p < 0,01$ ) и нормальной функции из группы 8-12 лет к возрасту 13-16 лет ( $p < 0,05$ ).

2) У детей 3-7 лет, занимающихся современной хореографией, наиболее часто выявлялись различные дисфункции продольного свода стопы, в частности, отмечалось уменьшение числа детей с уплощением продольного свода стопы к 8-12 годам ( $p < 0,05$ ) и с плоскостопием данного свода ( $p < 0,05$ ). Отмечается рост числа

детей и подростков с повышенной функцией продольного свода стопы от 8-12 к 13-16 годам ( $p < 0,01$ ).

Согласно полученным данным показателя поперечного рессорного свода, дети, занимающиеся в каждом из представленных танцевальных направлений, подвержены риску приобретения соответствующей патологии или уже имеют ее в виде уплощения или плоскостопия.

1) У детей, занимающихся спортивными бальными танцами, отмечается рост числа стоп с плоскостопием поперечного рессорного свода стопы от младшей возрастной группы (3-7 лет) к средней (8-12 лет) ( $p < 0,05$ ), однако у детей старшей группы (13-16 лет) данная патология нивелируется, но сохраняется стопа с пониженной функцией поперечного свода ( $p < 0,05$ ).

2) По результатам исследования поперечного свода танцоров, представляющих народное направление хореографии, отмечена тенденция роста числа детей, имеющих уплощение данного свода от 3-7 лет к 8-12 годам ( $p < 0,05$ ), а также стопы с нормальной функцией поперечного свода ( $p < 0,05$ ).

3) У детей, занимающихся современными танцами, был выявлен рост числа стоп с уплощением ( $p < 0,05$ ), а также плоскостопием продольного свода стопы ( $p < 0,05$ ), прослеженный от 3-7 к 8-12 годам.

Согласно полученным данным исследования качества жизни у детей 3-7 лет, которые занимаются спортивными бальными танцами, составляющие качества жизни выявили следующие результаты: уровень ФФ составил  $572,4 \pm 21,5$  баллов, ЭФ –  $364,7 \pm 12,3$  баллов, СФ –  $405,2 \pm 13,7$  баллов, РФ –  $331 \pm 15$  баллов, а уровень КЖ –  $1673,3 \pm 47$  баллов. Аналогичные показатели в группе сравнения соответственно составляли: уровень ФФ –  $581 \pm 21,7$  баллов, ЭФ –  $343 \pm 15$  баллов, СФ –  $387 \pm 14,9$  баллов, РФ –  $334 \pm 11,6$  баллов, КЖ –  $1645 \pm 50,7$  баллов. Статистический анализ составляющих КЖ у 29 детей, занимающихся спортивными бальными танцами, по сравнению с данными 25 детей 3-7 лет, посещающих детский сад, не выявил достоверных различий ни по одной шкале ( $p > 0,05$ ). Это свидетельствовало о том, что уровень качества жизни у детей, занимающихся спортивными бальными танцами, сходен со сверстниками, и физическая активность в меньшей степени влияет на данный показатель.

В контрольной группе 8-12 лет исследуемые показатели имели соответствующие значения: уровень ФФ –  $563 \pm 20$  баллов, ЭФ –  $337 \pm 17,3$  баллов, СФ –  $409,3 \pm 15,6$  баллов, РФ –  $355,6 \pm 15,4$  баллов, а показатель КЖ –  $1664,8 \pm 52,4$  баллов, а у сверстников из группы сравнения: ФФ –  $583,3 \pm 19$  баллов, ЭФ –  $359,2 \pm 14,5$  баллов, СФ –  $405,8 \pm 17,1$  баллов, РФ –  $362,5 \pm 11,1$  баллов, а КЖ –  $1710,8 \pm 49,3$  баллов. Параметры КЖ у 27 детей, которые занимаются спортивными бальными танцами, по сравнению с показателями 30 детей, не занимающихся танцами, 8-12 лет также не нашли достоверных различий ( $p > 0,05$ ). Это позволило говорить о наименьшем влиянии физической активности у детей, занимающихся

Таблица 1

Показатель продольного рессорного свода стопы у танцоров трех возрастных групп и трех направлений (на 100 обследованных)

Table 1

The longitudinal spring arche rate among the dancers of three age groups and three dance styles (100 participants surveyed)

Показатели	Направление танца							
	Спортивные балльные танцы			Народные танцы		Современные танцы		
	Возраст							
	3-7 лет	8-12 лет	13-16 лет	8-12 лет	13-16 лет	3-7 лет	8-12 лет	13-16 лет
Уплощенный свод	21±3	6±1*	19±4*	7±2	7±1	60±1	14±2*	0
Плоскостопие	33±4	26±3	0	20±4	0	31±5	17±2*	7±2**
Высокий свод	3±1	3±1	6±1*	20±4	33±6	60±1	22±3*	7±2*
Повышенный свод	5±1	10±2**	6±1	20±4	20±4	19±4	8±1**	60±6**
Норма	38±1	55±4**	69±5*	33±6	40±6	38±6	39±4	27±5

Примечание: \*\* – достоверность различий –  $p < 0,01$ ; \* – достоверность различий –  $p < 0,05$ .

Таблица 2

Показатель поперечного рессорного свода стопы у танцоров трех возрастных групп и трех направлений (на 100 обследованных)

Table 1

Transverse spring arche rate among the dancers of three age groups and three dance styles (100 participants surveyed)

Показатели	Направление танца							
	Спортивные балльные танцы			Народные танцы		Современные танцы		
	Возраст							
	3-7 лет	8-12 лет	13-16 лет	8-12 лет	13-16 лет	3-7 лет	8-12 лет	13-16 лет
Уплощенный свод	33±4	26±3	19±4	27±5	53±6*	31±5	61±4*	47±6
Плоскостопие	26±3	45±4*	31±5*	47±6	40±6	50±6	28±3*	40±6
Норма	23±3	16±2	25±5	27±5	7±2*	6±1	6±1	7±2
Пониженная функция свода	3±1	10±2*	19±4*	0	0	6±1	0	0
Повышенный свод	3±1	3±1	0	0	0	0	0	0
Избыточная функция свода	13±2	0	0	0	0	6±1	6±1	7±2

Примечание: \*\* – достоверность различий –  $p < 0,01$ , \* – достоверность различий –  $p < 0,05$ .

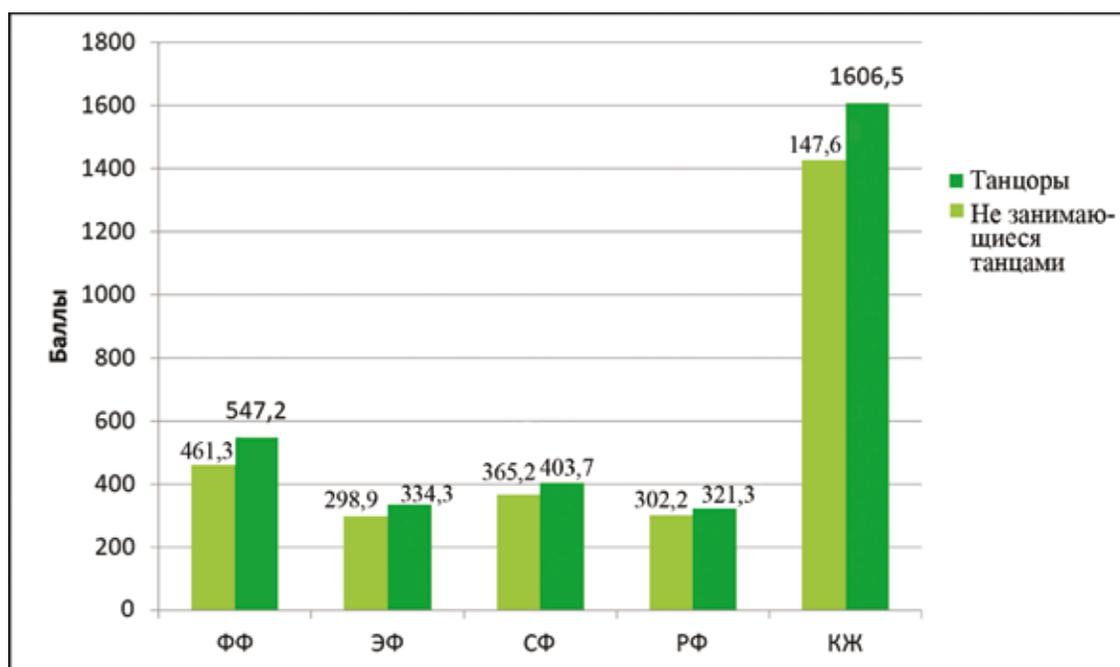
ся спортивными балльными танцами, на достоверные различия с уровнем качества жизни сверстников, не занимающихся спортивными балльными танцами.

В старшей возрастной группе дети, которые занимаются спортивными балльными танцами, продемонстрировали следующие данные: уровень ФФ – 547,2±18,6 баллов, ЭФ – 334,3±15 баллов, СФ – 403,7±14 баллов, РФ – 321,3±14 баллов, а КЖ – 1606,5±43,1 баллов соответственно относительно сверстников, не занимающихся танцами: ФФ – 461,3±19,7 баллов, ЭФ – 298,9±23 баллов, СФ – 365,2±21 баллов, РФ – 302,2±15,6 баллов, а уровень КЖ – 1427,6±61 баллов. Сравнительный анализ данных опросника у 27 детей и подростков, занимающихся спортивными балльными танцами, с данными 23 сверстников 13-18 лет показал достоверные различия по ФФ ( $p < 0,01$  и  $U[27;23]=163$  при  $p=0,004$ ) и по уровню КЖ ( $p < 0,05$  и

$U[27;23]=191,5$  при  $p=0,021$ ). По шкалам ЭФ, СФ и РФ данные достоверно не различались, что свидетельствует также о наименьшем влиянии физических нагрузок у детей старшего возраста, занимающихся спортивными балльными танцами, на различия со сверстниками (рисунк).

#### Обсуждение результатов

Возрастной период 3-7 лет для детей, занимающихся хореографическим искусством, является критическим в плане диагностики основных нарушений стопы и последующей оптимальной коррекции как врачом, так и тренером на занятиях. Вследствие завершающегося к 7-7,5 годам окостенения основных точек стопы и увеличением времени, отводимом тренировочному процессу, можно проследить отчетливую закономерность достоверного снижения нарушений, касающихся продольного рессорного свода стопы и последующей нормали-



Примечание: \* -  $p < 0,05$  и \*\* -  $p < 0,01$ .

Рис. Уровень КЖ в зависимости от занятий танцами

Pic. Quality of life depending on dancing

зации его функции. Однако обнаруженный рост числа патологий поперечного рессорного свода у детей всех представленных танцевальных направлений от младшей возрастной группы к старшей заслуживает пристального внимания и последующего детального рассмотрения вследствие ношения как бальных, так и народными танцорами профессиональной обуви практически с момента начала занятий, а также влияния техники исполнения танцевальных фигур.

Соответственно, по полученным результатам в возрастной группе подростков 13-18 лет можно убедиться в том, что, чем выше физическая активность подростка, тем выше качество его жизни, физическая выносливость и эмоциональная устойчивость. Согласно проведенным исследованиям других ученых подтвердился факт, что внеурочные занятия физической деятельностью, особенно у подростков 13-18 лет, способствуют всестороннему развитию физических качеств, а также психоэмоционального статуса ребенка [14]. Различия в возрастных группах могут быть обусловлены тем, что подростки 13-18 лет, в отличие от сверстников, занимающихся спортивными бальными танцами в средней и младшей возрастных группах, занимаются более продолжительный период времени, как правило, с 4-6 лет, имеют более строгий режим тренировок и выступлений согласно соцопросу родителей и самих детей, что позволяет точнее проследить влияние физической нагрузки на качество жизни.

В то же время ряд исследователей утверждает, что занятия спортивными бальными танцами в возрасте

3-7 лет в сравнении со сверстниками, не занимающимися ими, благотворно влияют на психическое и социальное здоровье ребенка, особенно в дошкольном возрасте, способствуя развитию его творческого потенциала [15], что не подтвердилось в нашем исследовании. Кроме того, по мнению некоторых авторов, обосновано и положительное влияние спортивных бальных танцев на развитие физического здоровья в более раннем возрасте, чем отмечено в нашем исследовании, – у детей 8-12 лет [2, 3].

### Выводы

1. Возраст 3-7 лет у танцоров является наиболее критическим периодом в плане формирования изменений продольного и поперечного рессорного сводов стопы ( $p < 0,01$ ).

2. Наиболее склонным к приобретению патологии у детей, занимающихся хореографическим искусством, является поперечный рессорный свод стопы. Наблюдается тенденция к формированию деформаций поперечного рессорного свода стопы у всех хореографических направлений ( $p < 0,01$ ).

3. Танцорами, наименее подверженными патологическим состояниям стопы, являются представители спортивного бального танца. ( $p < 0,01$ ).

4. Систематические и пролонгированные занятия спортивными бальными танцами способствуют достоверному повышению уровня качества жизни подростков 13-18 лет ( $p < 0,01$ ).

5. В ходе проведенного исследования выявлена прямая, достоверная зависимость физической активности

подростков 13-18 лет, занимающихся спортивными бальными танцами и их сверстников от уровня качества жизни ( $p < 0,05$ ).

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

### Список литературы/References

1. **Эйдельман Л.Н.** Формирование осанки у дошкольников средствами хореографии и классического танца // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2009. №105. С. 124-128. / Eydelman LN. Forming of preschool children's correct bearing by means of choreography and classical dance. Izvestia: Herzen University Journal of Humanities and Science. 2009;105:124-128. (in Russian).

2. **Бутузова В.В.** Особенности адаптационных процессов у детей и подростков 11-15 лет, занимающихся спортивными бальными танцами: Автореф. канд. дисс. Тюмень, 2004. 23 с. / Butusova VB. Peculiarities of adaptation processes of the children and teenagers at the age of 11-15, who do ballroom dancing. Avtoref. cand. diss. Tyumen, 2004: 23 p. (in Russian).

3. **Дужак О.И., Фомина Н.А.** Эстрадный танец как средство физического воспитания школьников // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2016. №1(15). С. 21-25. / Duzhak OI, Fomina NA. Modern dance is a means of schoolchildren's physical education. Physical education and sports training. 2016;1(15):21-25. (in Russian).

4. **Джумок А.А.** Диагностика плоскостопия и проблема его коррекции у детей 9-10 лет, занимающихся большим теннисом // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2012. № 11(93). С. 24-28. / Dzhumok AA. Diagnosis of platypodia and the problem of its correction among the children aged 9-10 years involved in tennis. Scientific notes University Lesgaft. 2012; 11(93): 24-28. (in Russian).

5. **Джумок А.А., Холзер А.Н.** Состояние свода стопы у детей 8-9 лет, занимающихся и не занимающихся спортом // Вестник ТГУ. 2013. №7(123). С. 211-213. / Dzhumok AA, Kholzer AN. Arch foot condition of 8-9 year old children involved and not involved in tennis. Tomsk State University Journal. 2013; 7(123): 211-213. (in Russian).

6. **Филатова Н.В.** Развитие коммуникативных способностей личности в ходе занятий танцевальным спортом: Автореф. магистр. дисс. Москва, 2015. 15 с. / Filatova NV. Development of personal communicative abilities during ballroom dance training. Avtoref. undergraduate diss. Moscow, 2015:15 p. (in Russian).

7. **Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Винярская И.В., Валиуллина Г.А.** Итоги, задачи и перспективы изменения качества жизни в отечественной педиатрии // Вопросы современной педиатрии. 2007. №6(3). С. 6-8. / Baranov AA, Albitsky VYu, Vinyarskaya IV, Valiullina SA. Studying quality of life in domestic pediatrics: results, goals and study prospects. Current pediatrics. 2007; 6(3): 6-8. (in Russian).

8. **Varni J, Seid M, Kurtin P.** The PedsQL™ 4.0 Measurement model for the Pediatric Quality of Life Inventory Version 4, 0 // Quality of life News Letter. 1997. №3. P. 4-10.

9. **Alaee F, Boehm S, Dobbs MA.** New approach to the treatment of congenital vertical talus // J Child Orthop. 2007. September; №1 (3) P. 165-174.

10. **Способ** диагностики опорной и рессорной функций стопы спортсмена / Руденко А.А., Иванова Н.И. // Патент РФ № 2492803 С2, 08.11.2011 (опубликовано 20.09.2013 Бюл.№26). / Rudenko AA, Ivanova NI. Sposob diagnostiki opornoj i ressornoj funktsii stopy sportsmena [Method of diagnostics of supportive and spring foot capacities of a sportsman]. Patent RF no. 2492803 С2, 08.11.2011 (published 20.09.2013 Bulletin no.26)

11. **Денисова Р.В., Альбицкий В.Ю., Алексеева Е.И., Винярская И.В., Валиева С.И., Бзарова Т.М., Лисицын А.О., Гудкова Е.Ю., Исаева К.Б., Чомахидзе А.М.** Психометрические характеристики русских версий опросников PedsQL Rheumatology Module и PedsQL Generic Core Scale для оценки качества жизни детей в возрасте 2-4 лет, страдающих ювенильным ревматоидным артритом // Вопросы современной педиатрии. 2008. №7(5). С. 39-45. / Denisova RV, Albitsky VYu, Alekseeva EI, Vinyarskaya IV, Valieva SI, Bzarova TM, Lisitsyn AO, Gudkova EY, Isaeva KB, Chomahidze AM. Psychometrical characteristics of Russian versions of PedsQL Rheumatology Module and PedsQL Generic Core Scale questionnaires for the estimation of quality of life of children aged from 2 to 4 years old with juvenile rheumatoid arthritis. Current pediatrics. 2008; 7(5): 39-45. (in Russian).

12. **Varni J, Seid M, Kurtin P.** The PedsQL™ 4.0: Reliability and validity of the Pediatric Quality of Life Inventory™ Version 4.0 Generic Core Scales in healthy and patient populations // Med. Care. 2001. №39 (8). P. 800-812.

13. **Varni J, Seid M, Rode C.** The PedsQL™: Measurement model for the Pediatric Quality of Life Inventory // Med. Care. 1999. №37. P. 126-139.

14. **Duberg A.** Teenage girls dance their way to better mental health // The American Journal Archives of Pediatrics and Adolescent medicine. 2013. №167(1). P. 27-31.

15. **Красильникова Н.В.** Влияние занятий танцами на развитие творческого воображения детей дошкольного возраста // Научная перспектива. 2012. №8. С. 63-65. / Krasilnikova NV. Influence of dance training on the development of the imagination among children of pre-school-age. Nauchnaya perspectiva. 2012; (8): 63-65. (in Russian).

### Ответственный за переписку:

**Тарасова Алена Владимировна** – студентка 5 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России  
Адрес: 426034, Россия, г. Ижевск, ул. Коммунаров, д. 281  
Тел. (раб): +7 (3412) 91-82-93  
Тел. (моб): +7 (912) 451-87-75  
E-mail: alyona\_tarasova@inbox.ru

### Responsible for correspondence:

**Alyona Tarasova** – M.D., Senior of Medical Faculty of the Izhevsk State Medical Academy  
Adress: 281, Kommunarov St., Izhevsk, Russia  
Phone: +7 (3412) 91-82-93  
Mobile: +7 (912) 451-87-75  
E-mail: alyona\_tarasova@inbox.ru

Дата направления статьи в редакцию: 01.03.2017

Received: 1 March 2017

Статья принята к печати: 29.03.2017

Accepted: 29 March 2017

## Характеристика состояний тренированности гребцов подросткового возраста

*Е. В. ХАРЛАМОВ, Н. М. ПОПОВА, И. Н. ЖУЧКОВА, А. В. МЕНЬКОВА*

*ФГБОУ ВО Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России, Ростов-на-Дону, Россия*

### Сведения об авторах:

*Харламов Евгений Васильевич* – профессор кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, д.м.н.

*Попова Нина Михайловна* – ассистент кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, к.м.н.

*Жучкова Ирина Николаевна* – старший лаборант кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России

*Менькова Анжелика Викторовна* – преподаватель кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России

## Characteristics of training condition of adolescence rowers

*E. V. KHARLAMOV, N. M. POPOVA, I. N. ZHUCHKOVA, A. V. MENKOVA*

*Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia*

### Information about the authors:

*Evgeny Kharlamov* – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Rostov State Medical University

*Nina Popova* – M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant Lecturer of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Rostov State Medical University

*Irina Zhuchkova* – Senior Laboratory Assistant of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine Rostov State Medical University

*Anzhelika Menkova* – Lecturer of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine Rostov State Medical University

**Цель исследования:** определение морфофункциональных характеристик различных состояний тренированности гребцов подросткового возраста. **Материалы и методы:** обследовали 21 спортсмена мужского пола 14-16 лет училища Олимпийского резерва г. Ростова-на-Дону (РУОР), занимающихся академической греблей. Использовалась методика раннего отбора и ориентации в спорте Дорохова Р.Н. для определения антропометрических характеристик. Определяли также функциональные показатели: силовой индекс обеих рук, абсолютную физическую работоспособность (АФР) по тесту PWC<sub>170</sub>, тип вегетативной регуляции общепринятым методом исследования variability сердечного ритма. **Результаты:** у гребцов подростков определен макросомный и макромебральный соматотип. При недостаточном состоянии тренированности выявлены: микромезокорпулентный и мезомышечный соматотип, низкий силовой индекс кисти, низкое значение АФР, выраженный ваготонический тип вегетативной регуляции. При удовлетворительном – микромезокорпулентный и микромезомышечный соматотип, средний силовой индекс кисти, ниже среднего значение АФР, умеренный ваготонический тип вегетативной регуляции. При наивысшем – микрокорпулентный и мезомышечный соматотип, средний силовой индекс кисти, среднее значение АФР, нормотонический тип вегетативной регуляции. **Выводы:** выявлены недостаточное, удовлетворительное или наивысшее состояние тренированности, определенные морфофункциональными параметрами: соматотипом, уровнем силового индекса и абсолютной физической работоспособности, типом вегетативной регуляции при каждом состоянии тренированности.

**Для цитирования:** Харламов Е.В., Попова Н.М., Жучкова И.Н., Менькова А.В. Характеристика состояний тренированности гребцов подросткового возраста // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 42-48. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.42.

**Objective:** to determine morphological and functional characteristics of different states of fitness in adolescence rowers. **Materials and methods:** 21 men athletes aged from 14 to 16 years of school of the Olympic reserve of the city of Rostov-on-Don (RWAR) involved in rowing were examined. We used the Dorokhov R.N. technique of selection and early orientation in sports to determine the anthropometric characteristics. Following functional indicators were defined: power index of both hands, the absolute physical efficiency (APE) with the help of PWC<sub>170</sub> test, type of vegetative regulation with the help of method of heart rate variability assessment. **Results:** adolescence rowers had macrosomy and micromembrane somatotype. When the

condition of exercise was insufficient, the following parameters were revealed: micromesocorpulent and mesomuscular somatotype, low power index of the brush, a low value of APE, expressed vagotonic type of autonomic regulation. If the condition of exercise was satisfactory, micromesocorpulent and micromesomuscular somatotype, the average power index of the brush below the average value of APE, mild vagotonic type of autonomic regulation were registered. The highest condition of exercise was associated with microcorpulent and mesomuscular somatotype, the average power index of the brush, the average value of APE normotonic type of vegetative regulation. **Conclusions:** certain morpho-functional parameters as: somatotype, level of power and absolute index of physical work efficiency and autonomic regulation defined an inadequate, satisfactory or a higher state of fitness.

**Key words:** rowers-juniors; somatotype; absolute physical efficiency; fitness.

**For citation:** Kharlamov EV, Popova NM, Zhuchkova IN, Menkova AV. Characteristics of training condition of adolescence rowers. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):42-48. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.42.

### Введение

Для получения полноценной информации о спортсмене и использования этой информации для его подготовки должна проводиться комплексная оценка состояния тренированности спортсмена [1, 2]. Спортивный результат – явление многофакторное, в котором значительный вес имеют медико-биологические показатели. Это особенно относится к видам спорта, требующим выносливости [3]. Нельзя оценивать тренированность по отдельным показателям, а нужно их суммировать, анализировать и давать общую оценку. Термин «тренированность» некоторые авторы используют как определение такого уровня здоровья, функционального состояния физической, тактической и волевой подготовки спортсменов, который определяет специальную работоспособность и готовность к достижению высоких результатов. Выделяют недостаточное, удовлетворительное или наивысшее состояние тренированности [4]. Подростковый возраст – период в развитии человека от 13 до 16 лет (мужчины) и от 12 до 15 лет (женщины), согласно схеме возрастной онтогенетической периодизации человека, принятой на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии, АПН СССР (Москва, 1965).

**Цель исследования:** определение морфофункциональных характеристик различных состояний тренированности гребцов подросткового возраста.

### Материалы и методы

изучались морфофункциональные характеристики 21 спортсмен мужского пола 14-16 лет училища Олимпийского резерва г. Ростова-на-Дону (РУОР), занимающихся академической греблей. Стаж занятия  $3 \pm 1,4$  года. Критерием включения гребца в исследуемые группы было наличие биологического варианта развития (ВР) «С» – растянутого, ростовые процессы данного спортсмена завершаются к 19-22 годам. Для оценки ВР использовали формулу предложенную Р.Н. Дороховым [5].

Основным критерием разделения спортсменов на 3 группы явилась квалификация и уровень спортивных достижений. Так, 1 группа - 6 гребцов, имеют первый взрослый разряд и заняли призовые места на Спартакиаде учащихся. 2 группа – 11 перворазрядников, которые вошли в 10 лучших по результату Спартакиады учащихся. 3 группа – 4 гребцов, имеют другие более низшие спортивные разряды.

Такие показатели, как тотальные размеры тела, его пропорции, особенности телосложения, существенно влияют на физическую работоспособность, соревновательную деятельность, выбор спортивной специализации. Они имеют высокую наследственную обусловленность.

С помощью методики раннего отбора и ориентации в спорте Дорохова Р.Н. (1994) [5] определяли габаритный уровень варьирования (ГУВ), компонентный уровень варьирования (КУВ): жировую массу (ЖМ) и мышечную массу (ММ); так же пропорционный уровень варьирования (ПУВ). Абсолютную физическую работоспособность (кг·м/мин) по тесту PWC170 определяли с помощью велоэргометра Siemens, модель EN 840 [6], а тип вегетативной регуляции (умеренная или выраженная симпатикотония, нормотония и умеренная или выраженная ваготония) общепринятым методом исследования вариабельности сердечного ритма [7] с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард» и анализом показателей: мода, коэффициент вариации, индекс вегетативного равновесия, индекс напряжения регуляторных систем, вегетативный показатель ритма.

Функциональное состояние мышечной системы определяли динамометрическим методом путем измерения максимальной кистевой силы (в кг) правой и левой кисти с помощью кистевого динамометра «ДК-100», (Россия) и расчётом силового индекса (%). Для объективизации оценки кистевой силы у спортсменов разной весовой категории проводили расчёт силового индекса (СИ) по формуле:  $СИ (\%) = \text{кистевая сила (кг)} / \text{МТфакт (кг)} \times 100$ . И при значении  $СИ \leq 64\%$  оценивали как ниже среднего,  $65-80\%$  - средний,  $\geq 81\%$  - выше среднего.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакетов компьютерных программ «Microsoft Office Excel 2010» и «Statistica 6.0.». Все исследуемые группы проверялись на подчинение нормальному закону распределения при помощи критерия Шапиро-Уилка (так как объемы выборок были менее 30 человек). Применяли стандартный метод вариационной статистики при исследовании количественных показателей и нормальности распределения переменных и равенства дисперсий с использованием  $t$  – критерия Стьюдента для независимых переменных. При отсутствии нормального распределения переменных проводили сравнение групп с использованием непараметрического критерия Спирмена и Манна-Уитни. Данные представлены в виде

$M \pm \sigma$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $\sigma$  – стандартное (среднее квадратичное) отклонение.

**Результаты исследования**

Почему именно представленные показатели явились важными при определении состояния тренированности? При проведении корреляционного анализа уста-

новили достоверно значимую ( $p < 0,05$ ) положительную умеренную ( $r = 0,645$ ) корреляцию абсолютной физической работоспособности от габаритного уровня варьирования (рис. 1) и отрицательно умеренную ( $r = -0,664$ ) корреляцию силового индекса кисти от уровня жировой массы (рис. 2). Таким образом, были определены показа-

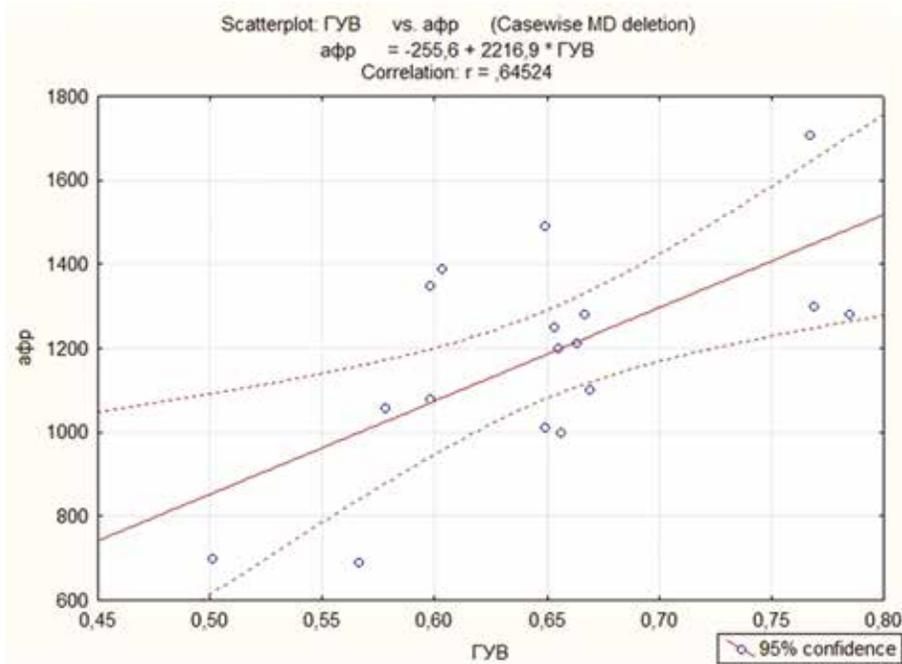


Рис. 1. График корреляционной зависимости абсолютной физической работоспособности от габаритного уровня варьирования среди гребцов 14-16 лет,  $p < 0,05$

Pic. 1. Graph correlation between absolute physical efficiency and the overall level of variation among rowers of 14-16 years,  $p < 0,05$

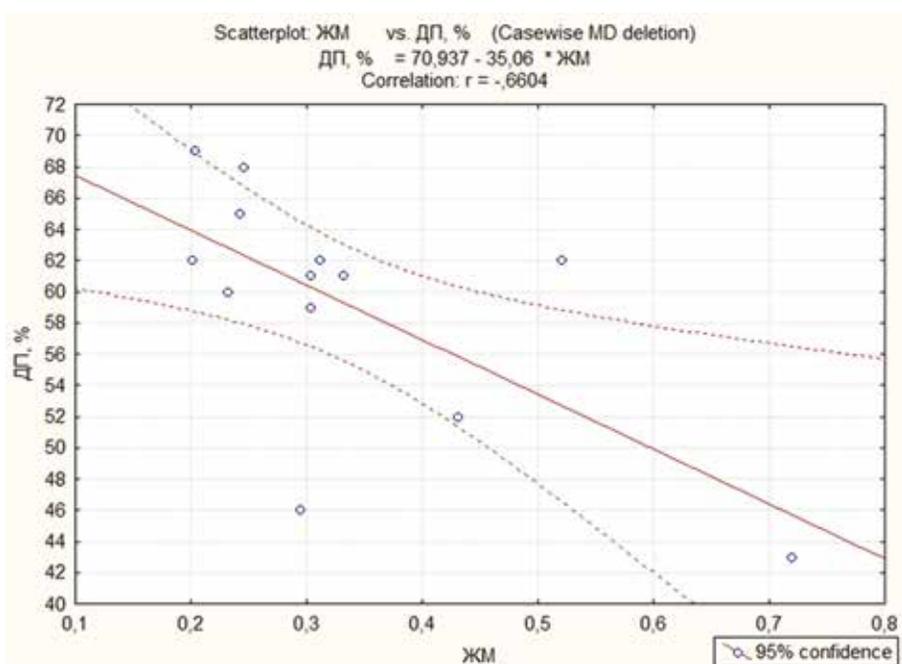


Рис. 2. График корреляционной зависимости силового индекса кисти от уровня жировой массы среди гребцов 14-16 лет,  $p < 0,05$

Pic. 2. Graph correlation between power index of the hand and the level of fat mass among rowers of 14-16 years,  $p < 0,05$

тели для определения состояния тренированности гребцов подросткового возраста.

По результатам соматотипирования по Р.Н. Дорохову, у гребцов-подростков, 1 группы определили макросомный ( $0,615 \pm 0,12$  у.е.), микромезокорпулентный ( $0,391 \pm 0,05$  у.е.), мезомышечный ( $0,467 \pm 0,05$  у.е.) и макроембральный ( $0,65 \pm 0,14$  у.е.) соматотип. Спортсмены 2 группы имели макросомный ( $0,628 \pm 0,15$  у.е.), микромезокорпулентный ( $0,389 \pm 0,09$  у.е.), микромезомышечный ( $0,455 \pm 0,08$  у.е.) и макроембральный ( $0,77 \pm 0,09$  у.е.) соматотип, а гребцы 3 группы – макросомный ( $0,64 \pm 0,07$  у.е.), микрокорпулентный ( $0,33 \pm 0,14$  у.е.), мезомышечный ( $0,489 \pm 0,02$  у.е.) и макроембральный ( $0,77 \pm 0,09$  у.е.) соматотип (рис. 3).

Stark T. [8] утверждает, что мышечная сила рук (кистевая динамометрия) является интегративным показателем функционального состояния нервной и мышечной систем спортсмена, а также является показателем тренированности и выносливости организма. У гребцов подростков 3 группы СИ правой кисти достоверно значимо выше данного показателя гребцов 1 группы и составил  $67,4 \pm 4,4\%$  (рис. 4).

При изучении функциональных показателей спортсменов установлены различия абсолютной физической работоспособности (АФР) в зависимости от квалификации и спортивных достижений юниоров. Так, низкое значение АФР определено у гребцов 1 группы, ниже

среднего значение – 2 группы, а среднее значение – 3 группы (рис. 5). Максимально достигнутая мощность точно отражает уровень выносливости у тренированных спортсменов [9].

На основании анализа показателей variability ритма сердца выявлено, что среди гребцов 3 группы выявлено преобладание выраженного ваготонического типа вегетативной регуляции, среди перворазрядников, вошедших в 10 лучших – умеренного ваготонического, а среди перворазрядников, занявших призовые места – нормотонического типа (рис. 6).

Таким образом, подтверждено предположение, что результат спортивных достижений отражает состояние тренированности. По результатам исследования у 4 гребцов определили недостаточное состояние тренированности, у 11 – состояние тренированности определили как «удовлетворительное» и у 6 – наивысшее (рис. 7).

### Выводы

У гребцов подростков недостаточное состояние тренированности характеризуется следующими морфофункциональными показателями: макросомный, микромезокорпулентный, мезомышечный и макроембральный соматотип, низкий силовой индекс кисти, низкое значение абсолютной физической работоспособности, выраженный ваготонический тип вегетативной регуляции.

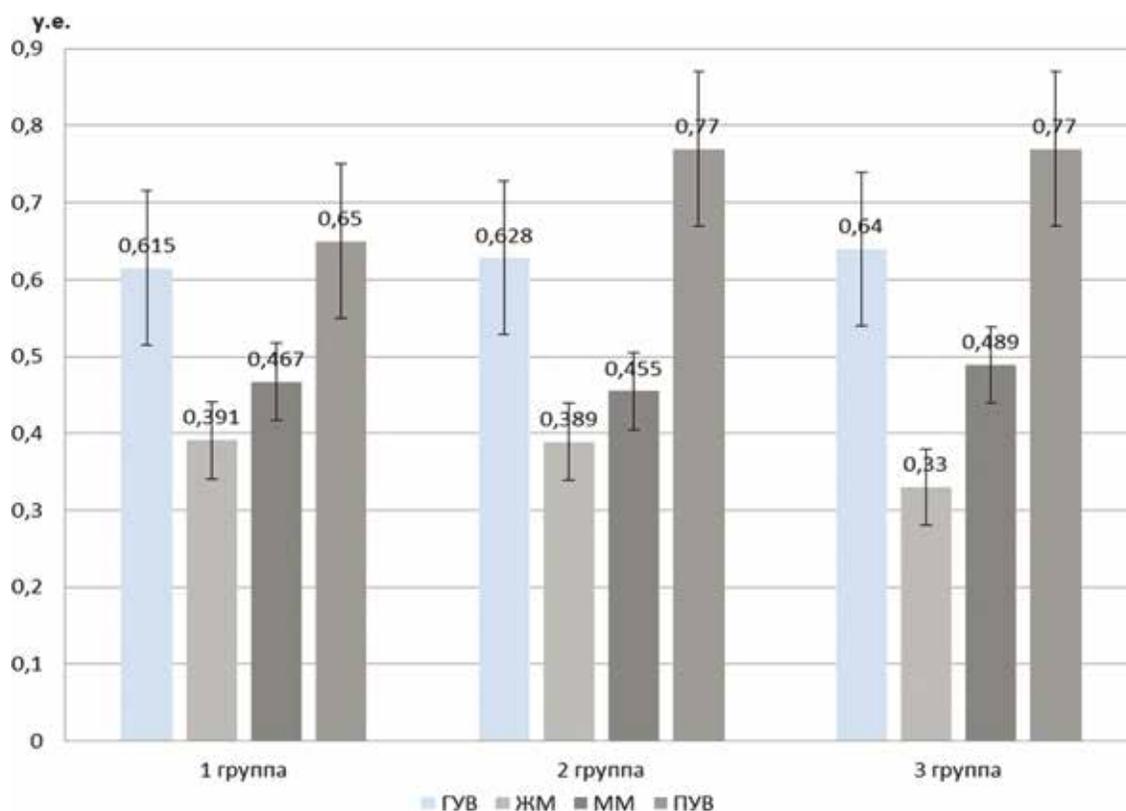


Рис. 3. Морфологические показатели спортсменов (у.е.)

Fig. 3. Morphological indicators of athletes (standart unit)

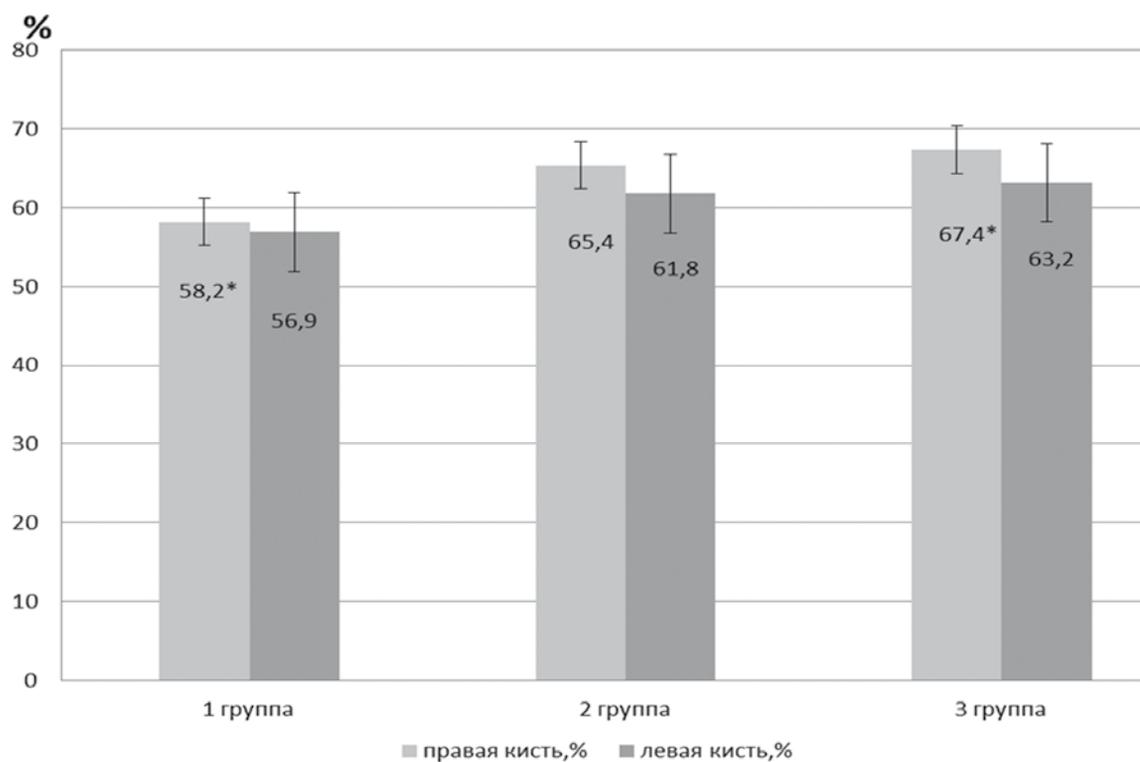


Рис. 4. Силовой индекс (%) гребцов (\* $p < 0.05$ )

Рис. 4. The power index (%) of rowers (\* $p < 0.05$ )

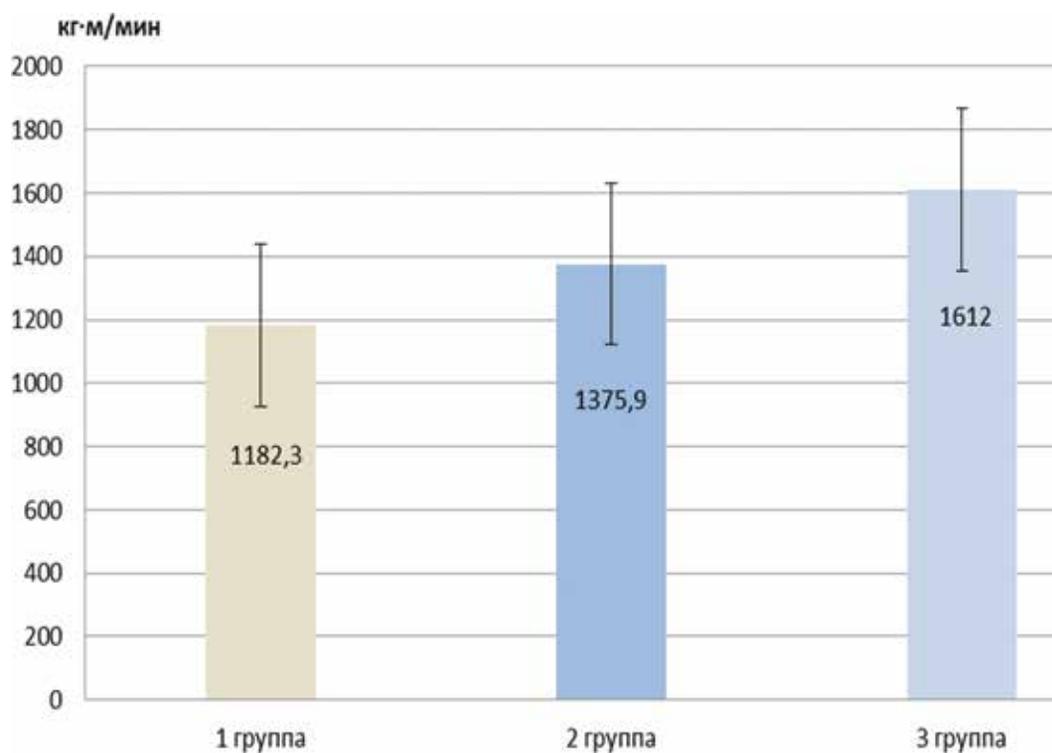


Рис. 5. Абсолютная физическая работоспособность гребцов (кг-м/мин)

Рис. 5. The absolute physical performance of rowers

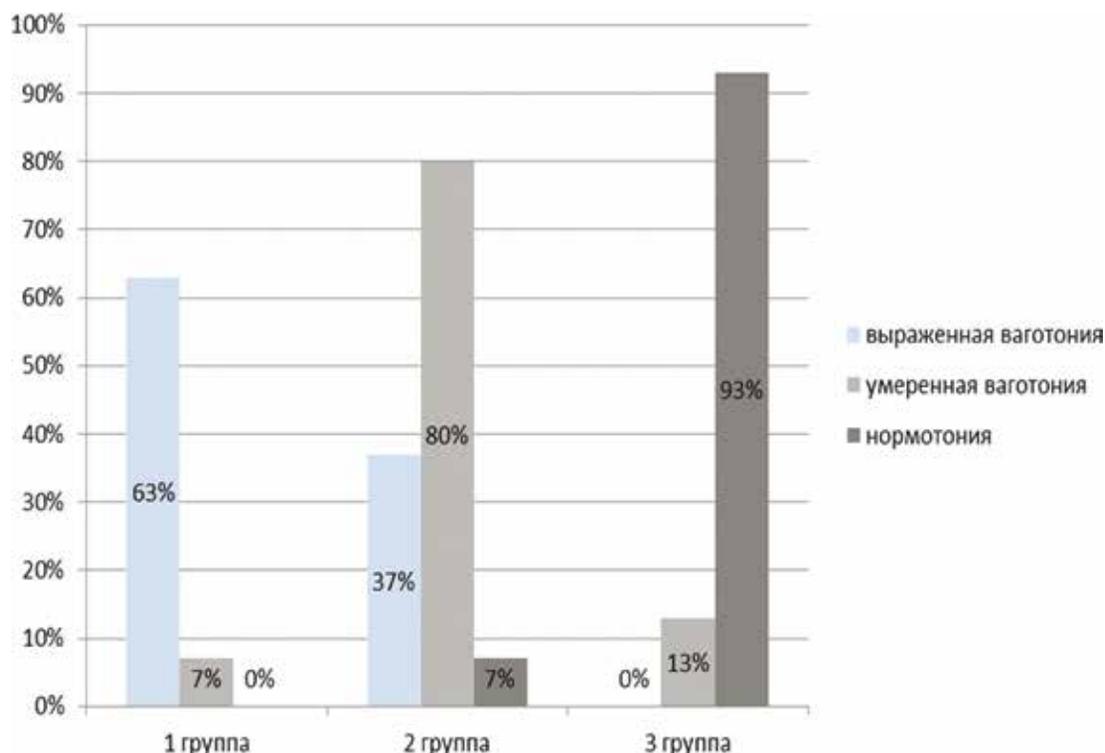


Рис. 6. Типы вегетативной регуляции гребцов подростков  
 Pic. 6. The types of vegetative regulation of rowers adolescents

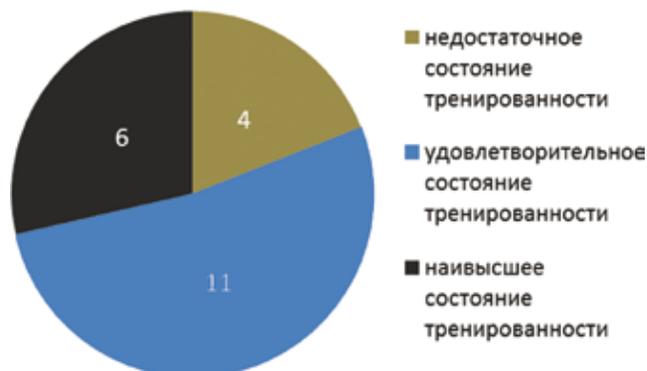


Рис. 7. Распределение состояний тренированности среди гребцов 14-16 лет (количество спортсменов)  
 Pic. 7. The distribution of the fitness states among rowers of 14-16 years

Удовлетворительное – макросомный, микромезокорпулентный, микромезомышечный и макроембральный соматотип, средний силовой индекс кисти, ниже среднего значение абсолютной физической работоспособности, умеренный ваготонический тип вегетативной регуляции.

А наивысшее – макросомный, микрокорпулентный, мезомышечный и макроембральный соматотип, средний силовой индекс кисти, среднее значение абсолютной физической работоспособности, нормотонический тип вегетативной регуляции.

Таким образом, предлагаемый метод, отражающей морфофункциональное состояние гребца подростка, позволяет объективизировать и оптимизировать процесс определения состояния тренированности спортсмена.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

### Список литературы/References

1. Павлов С.Е., Павлова Т.Н. Функциональный контроль в современном спорте и спортивной медицине. // Олимпийский бюллетень. М.: 2012. №13. С. 265-271. / Pavlov S.E., Pavlova T.N. Funktsionalnyy kontrol v sovremennom sporteisportivnoy meditsine. Olimpiyskiy byulleten. M.: 2012;(13):265-271. (in Russian).

2. Firsin SA. Modern problems of upbringing and organization of recreation for children and young people. Intern. J. experimental. education. 2013. (2).P. 4-6. URL: <https://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=3565> / Firsin SA. Modern problems of upbringing and organization of recreation for children and young people. Intern. J. experimental. education. 2013;(2):4-6. Available at: <https://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=3565> (accessed 21 February 2017).

3. Жучкова И.Н., Харламов Е.В., Попова Н.М. Конституционно-типологическая характеристика спортсменов-

юниоров, занимающихся плаванием и академической греблей. // Спортивная медицина: наука и практика, 2015. №2. С. 91-96. / Zhuchkova IN, Kharlamov EV, Popova NM. Konstitutsionalno-tipologicheskaya kharakteristika sportsmenov-yuniorov, zanimayushchikhsya plavaniem i akademicheskoy grebley. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2015;(2):91-96. (in Russian).

4. **Фарфель В.С.** Дискуссия о критериях тренированности // Теория и практика физической культуры, 1972. №1. С. 70. / Farfel VS Diskussiya o kriteriyakh trenirovannosti // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 1972;(1):70. (in Russian).

5. **Дорохов Р.Н., Губа В.П., Петрухин В.Г.** Методика раннего отбора и ориентации в спорте. // Медико-педагогические аспекты подготовки юных спортсменов. Смоленск, 1994. 121 с. / Dorokhov RN, Guba VP, Petrukhin VG Metodika rannego otbora i orientatsii v sporte. Smolensk. 1994. 121 p. (in Russian).

6. **Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А.** Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208с. / Karpman VL, Belotserkovskiy ZB, Gudkov IA Testirovanie v sportivnoymeditsine. M.: Fizkul'turai sport. 1988. 208 p. (in Russian).

7. **Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов А.В., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М.** Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии, 2001. №24. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://http://www.vestiar.ru/article.jsp?id=1267> / Baevskiy RM, Ivanov GG, Chireykin LV, Gavrilushkin AP, Dovgalevskiy PYa, Kukushkin YuA, Mironova TF, Prilutskiy DA, Semenov AV, Fedorov VF, Fleyshman AN, Medvedev MM. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii). Vestnik aritmologii. 2001; (24) Available at: <http://http://www.vestiar.ru/article.jsp?id=1267> (accessed 21 February 2017). (in Russian).

8. **Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R.** Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. PM R. 2011;3(5):472-479. DOI: 10.1016/j.pmrj.2010.10.025.

9. **Jones AM, Carter H.** The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Medicine. 2000;29(6):373-386.

#### Ответственный за переписку:

**Жучкова Ирина Николаевна** – старший лаборант кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России

Адрес: 344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29

Тел. (раб): +7 (863) 250-41-32

Тел. (моб): +7 (918) 502-52-71

E-mail: 003zhuchkova@gmail.com

#### Responsible for correspondence:

**Irina Zhuchkova** – Senior Laboratory Assistant of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine Rostov State Medical University

Address: 29, Nakhichevanskiy Alley, Rostov-on-Don, Russia

Phone: +7 (863) 250-41-32

Mobile: +7 (918) 502-52-71

E-mail: 003zhuchkova@gmail.com

*Дата направления статьи в редакцию: 10.10.2017*

*Received: 10 October 2017*

*Статья принята к печати: 30.10.2017*

*Accepted: 30 October 2017*

## Ходьба спиной вперед в спортивных тренировках и медицинской реабилитации

**А. В. КЛЕМЕНОВ**

*ГБУЗ Нижегородской области Городская клиническая больница №30 Московского района  
г. Нижнего Новгорода, Нижний Новгород, Россия*

**Сведения об авторах:**

*Клеменов Алексей Викторович – консультант ГБУЗ Нижегородской области ГКБ №30 Московского района г. Нижнего Новгорода, д.м.н.*

## Walking backwards in sports training and medical rehabilitation

**A. V. KLEMENOV**

*Nizhny Novgorod City Clinical Hospital №30, Nizhny Novgorod, Russia*

**Information about the authors:**

*Aleksey Klemenov – M.D., D.Sc. (Medicine), Consultant of the Nizhny Novgorod City Clinical Hospital №30*

Последнее время в спорте и медицине все шире используется ходьба спиной вперед. Она может быть использована как одна из методик фитнеса. Ходьба спиной вперед приводит к более существенной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную системы и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма. Ходьба спиной вперед сопряжена с меньшей нагрузкой на коленные суставы и является одним из немногих естественных способов укрепления четырехглавой мышцы бедра. Обучение ходьбе спиной вперед используется в программах реабилитации с целью выработки правильного паттерна походки у детей с церебральным параличом, лиц, перенесших мозговой инсульт, страдающих болезнью Паркинсона, рассеянным склерозом, спинальных больных. Имеются сведения о применении ходьбы спиной вперед при синдроме диабетической стопы с целью уменьшения плантарного давления и при физической реабилитации послеоперационных больных. Тесты с ходьбой спиной вперед используются в диагностических целях – для оценки тяжести нарушения координации и моторики у постинсультных больных, при болезни Паркинсона, для выявления начальных нарушений походки при рассеянном склерозе, для прогнозирования вероятности падения у пожилых лиц и пациентов с головокружением.

**Ключевые слова:** ходьба спиной вперед; реабилитация; детский церебральный паралич; болезнь Паркинсона; синдром диабетической стопы.

**Для цитирования:** Клеменов А.В. Ходьба спиной вперед в спортивных тренировках и медицинской реабилитации // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 49-54. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.49.

In recent years backward walking is increasingly used in sports and medicine. During sports training backward walking can be used as one of the methods of fitness. Backward walking increases the cardiovascular and respiratory loads and aerobic and anaerobic capacities of the organism. Backward walking is associated with less overload of knee joints. It is also one of the few natural ways of strengthening the quadriceps. Backward walking training has found its application in rehabilitation programs for different categories of neurological patients with the aim of restoring sustainable body position and gait. Backward walking is used to elaborate the correct pattern of gait in children with cerebral palsy, in persons with hemiplegia after stroke, in patients suffering from Parkinson's disease and multiple sclerosis, in spinal cord injured patients. There is an information about the application of backward walking exercises in diabetic foot syndrome in order to reduce a plantar pressure and in physical rehabilitation of postoperative patients. Tests with backward walking are used for diagnostic purposes – to assess the severity of impaired coordination and motor skills in post-stroke patients and in Parkinson's disease, to identify the minimal walking impairment in persons with multiple sclerosis and for probability of falling prediction in elderly individuals and patients with dizziness.

**Key words:** backward walking; rehabilitation; infantile cerebral palsy; Parkinson's disease; diabetic foot syndrome.

**For citation:** Klemenov AV. Walking backwards in sports training and medical rehabilitation. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):49-54. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.49.

### Введение

Наиболее физиологичным видом физической нагрузки для человека любого возраста является ходьба. Она положительно влияет на опорно-двигательный аппарат, сердечно-сосудистую, дыхательную и нервную системы. Регулярная ходьба выступает не только мерой профилактики болезней образа жизни, но способствует их лечению, улучшая функцию легких, тренируя сердечную мышцу, укрепляя костную ткань, повышая силу, выносливость и устойчивость к стрессу.

Последнее время в медицине и спорте все шире используется ходьба (а также бег) спиной вперед (ходьба назад, обратная, реверсивная ходьба, backward walking). Изучение кинетики и кинематики ходьбы спиной вперед показало ряд ее преимуществ перед обычным способом передвижения, которые могут быть с успехом использованы как в процессе спортивных тренировок, так и для лечения и реабилитации при различных заболеваниях. Современным представлениям о тренирующем и лечебном эффекте обратной ходьбы и посвящен настоящий обзор.

### Стратегия поиска

При подготовке статьи информационный поиск проводился в англоязычных библиографических базах PubMed и Web of Science и в российском информационно-аналитическом портале eLIBRARY.RU по ключевым словам: «backward walking/running», «ходьба/бег спиной вперед»; анализировались оригинальные исследования и обзоры литературы, опубликованные за последние 10 лет. При этом русскоязычных публикаций по обсуждаемой теме не найдено.

### Тренирующий потенциал ходьбы спиной вперед

Применение ходьбы спиной вперед в спортивных тренировках многогранно. Она может быть использована как одна из методик фитнеса для повышения физической выносливости. Убедительно показано, что при одинаковых параметрах физической активности ходьба и бег спиной вперед приводят к более существенной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную системы и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма [1, 2]. При сопоставимой скорости движения потребление кислорода и частота сердечных сокращений во время ходьбы спиной намного больше, чем при обычной ходьбе, что предполагает более высокие энергетические затраты [3, 4], достигающие 30%-го прироста в случае бега спиной [5]. Примечательно, что метаболические затраты при беге спиной вперед приводят к увеличению совершаемой работы лишь на 10% [6], таким образом, его механическая эффективность оказывается ниже. Более высокое потребление энергии в процессе ходьбы спиной вперед сочетается с уменьшением длины шага [4, 7]. Неэкономичность с обывденной точки зрения становится выгодной с позиций тренировочного процесса и реабилитации.

Сведения о влиянии ходьбы спиной вперед на состав тела противоречивы. Отмечено, что у молодых женщин

ходьба спиной вперед наряду с улучшением кардиореспираторной выносливости вызывает значительные антропометрические изменения в виде снижения процента жира и уменьшения толщины кожной складки [8]. Вместе с тем, в когорте молодых мужчин и спортсменов подобных закономерностей не отмечено [2, 9]. Высказано предположение, что для значимых изменений состава тела требуются тренировки большей длительности или интенсивности [2]. В частности, рассчитана скорость, при которой ходьба/бег спиной вперед становится эффективной с метаболических позиций – 6-7 км/ч, что ниже аналогичного показателя (7.2-7.9 км/ч) для обычного перемещения [10].

Можно возразить, что отмеченные преимущества имеют относительное значение и могут быть компенсированы увеличением скорости обычного перемещения. Существуют, однако, случаи, когда обычная ходьба спиной как метод тренировки невозможна или невыгодна для спортсмена. Речь идет о ситуациях, требующих минимизировать нагрузку на коленный сустав в момент соприкосновения с опорой [1, 11], в частности, при травмах колена.

### Кинетика и кинематика ходьбы спиной вперед

Механика обычной ходьбы такова, что значительную часть ударной нагрузки в фазу опоры берет на себя голеностопный и коленный суставы. Если при обычной ходьбе шаг начинается с пятки, то при ходьбе спиной вперед – с пальцев ноги [12]; а отсутствие контакта пятки с грунтом в начале фазы опоры сопряжено с меньшей нагрузкой на суставы нижней конечности. Ходьба спиной вперед оказывает меньшее воздействие на колено (особенно коленную чашечку и пателлофemorальный сустав), поскольку и пропульсивное движение, и поглощение ударной волны в фазе опоры обеспечивает голеностопный сустав [4, 13].

Помимо снижения нагрузки на коленные суставы, ходьба спиной вперед способна улучшить стабильность передней крестообразной связки [1, 7], что значимо при ее травмах. Перерастяжение передней крестообразной связки при ходьбе спиной предотвращается увеличением нагрузки на четырехглавую мышцу бедра [3, 4]. Ходьба спиной вперед выступает одним из немногих естественных способов укрепления этой мышцы. Особенности мышечной активности при ходьбе спиной вперед интересовали многих исследователей [3, 14-16]. Бытовавшее представление о том, что при этом происходит всего лишь «зеркальная» активация мышц нижних конечностей, опровергнуто. Отмечены кардинальные различия в мышечной активации для передней большеберцовой мышцы, прямой мышцы бедра, задних мышц бедра, латеральной головки икроножной мышцы, латеральной широкой мышцы бедра и большой ягодичной мышцы [15, 16]. В то время как при обычной ходьбе движущей силой является икроножная мышца, при ходьбе спиной вперед – передняя мышца бедра и разгибатели колена [17].

Повышенная активность разгибателей коленного сустава сглаживает дисбаланс в соотношении сил четырехглавой мышцы и задних мышц бедра, приводя его к идеальной пропорции 60/40, а близкое к оптимальному соотношение активности сгибателей и разгибателей коленного сустава снижает риск возможных травм колена [1]. Кроме топической мышечной разницы отмечено, что при ходьбе спиной вперед более эффективно задействуются отдельные моторные единицы [18].

Возможный профилактический эффект ходьбы спиной вперед в отношении травм колена может быть дополнительно объяснен увеличением гибкости подколенного сухожилия [19, 20]. Примечательно, что в ахилловом сухожилии под влиянием ходьбы спиной отмечались противоположные механические изменения – увеличение жесткости и уменьшение растяжимости [21].

### **Применение ходьбы спиной вперед для реабилитации неврологических больных**

Обучение ходьбе спиной нашло свое место в программах физической реабилитации разных категорий неврологических больных с целью восстановления устойчивого положения тела и походки. В частности, она с успехом использована для выработки правильного паттерна походки у детей с церебральным параличом, лиц, перенесших мозговую инсульт, страдающих болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом, спинальных больных.

Реабилитация детей с детским церебральным параличом традиционно направлена на тренировку моторных навыков и укрепление мышц. Отмечено, что регулярные занятия ходьбой способны более эффективно повысить скорость передвижения, длину шага и улучшить показатели кинематики суставов, чем традиционные виды физиотерапии [22]. Тренировки ходьбой улучшают моторику и чувство равновесия, увеличивают мышечную силу нижних конечностей, активизируют двигательные центры мозга и позволяют детям вырабатывать навыки, благоприятно влияющие на их функциональные возможности [23]. Поскольку ходьба спиной вперед задается тем же центральным генератором паттерна, что и обычная, она может быть предложена как способ улучшения обычной походки [24]. Ее благотворное влияние на детей с церебральным параличом объясняется снижением нагрузки на коленные суставы, более эффективным использованием моторных единиц, повышением силы мышц коленного сустава и улучшением способности сохранения равновесия.

Улучшение способности к самообслуживанию, поддержанию баланса тела и других двигательных навыков в ходе занятий ходьбой спиной вперед при детском церебральном параличе продемонстрировано во многих работах [12, 16, 25, 26]. Так курс тренировок продолжительностью 8-12 недель привел к значительному улучшению ряда параметров походки (скорость ходьбы, соотношение фаз ходьбы, симметрия, темп и длина шага) [26, 27].

Достигнутый положительный эффект сохранялся в течение одного месяца последующего наблюдения [27].

Обнадеживающие результаты получены при изучении эффективности обучения ходьбой спиной вперед у постинсультных больных [28, 29]. Способность к ходьбе рассматривается как важнейший предиктор уровня физической активности и социальной адаптации лиц, перенесших мозговую инсульт. Тесты с ходьбой спиной вперед включены в шкалы оценки мобильности и способности сохранять равновесие у больных с гемиплегией [30].

Для преодоления двигательных расстройств после перенесенного инсульта традиционный способ реабилитации в виде занятий на беговой дорожке может быть с успехом дополнен ходьбой спиной вперед [31]. Такое сочетание обеспечивало более значительное улучшение равновесия, пространственно-временных параметров походки (скорости ходьбы, длины и симметричности шага), удлинение проходимой дистанции по сравнению с контрольной группой [28, 29, 32]. Особенно важно для этой категории пациентов то обстоятельство, что под влиянием обратной ходьбы происходило уменьшение асимметричности походки [29]. Справедливости ради необходимо отметить, что асимметричный паттерн ходьбы у больных с постинсультной гемиплегией все же лучше поддавался коррекции в ходе тренировок по ходьбе боковым шагом [33].

Ограничение мобильности и нарушение походки представляют серьезную проблему и при болезни Паркинсона. У больных паркинсонизмом нередко выявляются уменьшение длины шага, скорости ходьбы и нарушение координации [34-36].

Тренировки в ходьбе спиной вперед при паркинсонизме могут быть использованы для улучшения скорости передвижения, а также для предотвращения падений [36, 37]. В частности, занятия ходьбой спиной вперед на тредмиле в начальных стадиях болезни Паркинсона уже к концу первой недели приводили к увеличению скорости движения и длины шага, уменьшению вариабельности длины шага и продолжительности фазы двойной опоры [37].

Особенно активно ходьба спиной вперед используется у больных паркинсонизмом для решения разного рода диагностических задач. Тесты с ходьбой спиной вперед нашли применение для выявления предикторов ограничения мобильности [35], при оценке влияния мозговой активности на параметры походки [34], для оценки лечебного действия леводопы [38]. Замечено, что особые затруднения у больных паркинсонизмом вызывает необходимость одновременного решения нескольких задач (например, двигательных и когнитивных). Двойной тест, включающий выполнение несложных интеллектуально-мнестических заданий во время физической нагрузки, используется для оценки предрасположенности больных паркинсонизмом к падениям [40, 41]. Поскольку менее привычная ходьба спиной вперед требует по-

вышенной сосредоточенности, она была предложена для модификации двойного теста при болезни Паркинсона, неблагоприятные результаты которого рассматриваются в качестве показаний к более радикальному лечению типа глубокой стимуляции головного мозга или хирургического вмешательства [42].

Нарушения походки очень распространены у больных рассеянным склерозом, неслучайно тесты с ходьбой широко используются для выявления заболевания и контроля за его прогрессированием. Высказана гипотеза о том, что различия в пространственно-временных параметрах походки (скорость, ритм ходьбы, длина шага) у больных рассеянным склерозом будут наиболее отчетливы при ходьбе спиной с параллельным решением когнитивных задач [43]. Предложено использовать ходьбу спиной вперед, дополненную психологическим тестом, для диагностики начальных нарушений походки при рассеянном склерозе.

Отдельным аспектом выступает применение ходьбы спиной вперед в реабилитации больных, перенесших травму позвоночника. В ряде работ, представленных в основном описанием отдельных случаев успешной реабилитации таких больных, сообщается о некоторых преимуществах ходьбы спиной по сравнению с обычной ходьбой [44-46], но в целом эта проблема требует более глубокого изучения.

#### **Возможности ходьбы спиной вперед при реабилитации иных категорий пациентов**

Сведения о применении ходьбы спиной вперед при иных патологических состояниях фрагментарны, но, безусловно, заслуживают внимания, отражая универсальный характер этой методики и ее возможный потенциал. В частности, новую грань применения ходьбы спиной открывает работа, демонстрирующая лечебно-профилактические возможности методики при синдроме диабетической стопы. Важнейшим фактором, способствующим поражению стопы при диабете, является высокое плантарное (подошвенное) давление. На его величину и распределение оказывают влияние многочисленные анатомические и кинематические факторы (вес, возраст, пол, скорость ходьбы, особенности обуви и др.). С точки зрения профилактики синдрома диабетической стопы существенно, что в процессе ходьбы спиной вперед за счет обратной кинематики стопы во время фазы опоры создается более равномерное плантарное давление [47, 48]. Таким образом, идея применить ходьбу спиной с лечебно-профилактической целью у больных диабетом очевидна. В двойном слепом рандомизированном исследовании занятия ходьбой спиной вперед в сочетании с приемом альфа-липоевой кислоты обеспечивали более равномерное распределение плантарного давления чем изолированное медикаментозное лечение [49]. Кроме того, отмечено положительное влияние ходьбы спиной вперед на мышечную силу и поддержание равновесия.

Любопытно попытки использовать ходьбу спиной вперед для физической реабилитации послеоперационных больных. Серьезные хирургические операции и наркоз нередко сопровождаются слабостью скелетной мускулатуры и нарушением равновесия, что может привести к увеличению числа послеоперационных осложнений. При реабилитации больных, оперированных по поводу аневризмы брюшной аорты, ходьба спиной зарекомендовала себя как приемлемая альтернатива традиционной физиотерапии, хотя и не показала очевидных преимуществ по среднему койко-дню, результатам 6-минутного теста с ходьбой, частотой сердечных сокращений и параметрам спирометрии [50].

#### **Заключение**

Таким образом, ходьба и бег спиной вперед довольно широко используются в спорте и программах физической реабилитации. Обладая совокупностью биомеханических и кардиопульмональных преимуществ перед обычной ходьбой, они оказываются востребованной в определенных клинических ситуациях. Ходьба спиной вперед применяется в случаях, когда необходимо минимизировать нагрузку на коленный сустав, укрепить конкретные группы мышц нижней конечности, улучшить моторику и чувство равновесия, восстановить навык обычной ходьбы при его утрате в результате заболевания. Тесты с ходьбой спиной используются для оценки тяжести нарушения координации и моторики и для прогнозирования вероятности падения при ряде неврологических нарушений.

Представляется, что прикладные аспекты применения ходьбы спиной вперед далеко не исчерпаны, а спектр показаний к использованию этой методики будет увеличиваться по мере дальнейшего изучения кинетики, кинематики и механизмов нервной регуляции перемещения спиной вперед.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

#### **Список литературы/References**

1. Hoogkamer W, Meyns P, Duysens J. Steps forward in understanding backward gait: from basic circuits to rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2014;42(1):23-29.
2. Kachanathu SJ, Alenazi AM, Algarni AD, Hafez AR, Hameed UA, Nuhmani S, Melam G. Effect of forward and backward locomotion training on anaerobic performance and anthropometrical composition. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(12):1879-1882.
3. Hao WY, Chen Y. Backward walking training improves balance in school-aged boys. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2011;3:24.

4. **Cha HG, Kim TH, Kim MK.** Therapeutic efficacy of walking backward and forward on a slope in normal adults. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(6):1901-1903.
5. **Wright S, Weyand PG.** The application of ground force explains the energetic cost of running backward and forward. *J Exp Biol.* 2001;204(10):1805-1815.
6. **Cavagna GA, Legramandi MA, La Torre A.** Running backwards: soft landing-hard takeoff, a less efficient rebound. *Proc Biol Sci.* 2011;278(1704):339-346.
7. **Viggiano D, Corona K, Cerciello S, Vasso M, Schiavone-Panni A.** The kinematic control during the backward gait and knee proprioception: insights from lesions of the anterior cruciate ligament. *J Hum Kinet.* 2014;41:51-57.
8. **Terblanche E, Page C, Kroff J, Venter RE.** The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women. *Int. J. Sports Med.* 2005;26(3):214-219.
9. **Ordway JD, Laubach LL, Vanderburgh PM, Jackson KJ.** The Effects of Backwards Running Training on Forward Running Economy in Trained Males. *J Strength Cond Res.* 2016;30(3):763-767.
10. **Terblanche E, Cloete WA, du Plessis PA, Sadie JN, Strauss A, Unger M.** The metabolic transition speed between backward walking and running. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(5-6):520-525.
11. **Roos PE, Barton N, van Deursen RW.** Patellofemoral joint compression forces in backward and forward running. *J Biomech.* 2012;45(9):1656-1660.
12. **El-Basatiny HM, Abdel-Aziem AA.** Effect of backward walking training on postural balance in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2015;29(5):457-467.
13. **Lee M, Kim J, Son J, Kim Y.** Kinematic and kinetic analysis during forward and backward walking. *Gait Posture.* 2013;38(4):674-678.
14. **Hoogkamer W, Massaad F, Jansen K, Bruijn SM, Duysens J.** Selective bilateral activation of leg muscles after cutaneous nerve stimulation during backward walking. *J Neurophysiol.* 2012;108:1933-1941.
15. **Kim CS, Gong W, Kim SG.** The effects of lower extremity muscle strengthening exercise and treadmill walking exercise on the gait and balance of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(3):405-408.
16. **Kim WH, Kim WB, Yun CK.** The effects of forward and backward walking according to treadmill inclination in children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):1569-1573.
17. **Soda N, Ueki T, Aoki T.** Three-dimensional motion analysis of the ankle during backward walking. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(6):747-749.
18. **Shigemori K, Nagino K, Nakamata E, Nagai E, Izuta M, Nishii M, Hiroshima R, Kai S.** Motor Learning in the Community-dwelling Elderly during Nordic Backward Walking. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(5):741-743.
19. **Whitley CR, Dufek JS.** Effects of backward walking on hamstring flexibility and low back range of motion. *Int J Exerc Sci.* 2011;4:192-198.
20. **Dufek JS, House A, Mangus B, Melcher G, Mercer J.** Backward walking: a possible active exercise for low back pain reduction and enhanced function in athletes. *J Exerc Physiol Online.* 2011;14:17-26.
21. **Joseph CW, Bradshaw EJ, Furness TP, Kemp J, Clark RA.** Early changes in Achilles tendon behaviour in vivo following downhill backwards walking. *J Sports Sci.* 2016;34(13):1215-1221.
22. **Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, Cosentino A, Waldner A, Hesse S, Werner C, Bisoffi G, Geroin C, Munari D.** Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(2):137-149.
23. **Takao T, Tanaka N, Iizuka N, Saitou H, Tamaoka A, Yanagi H.** Improvement of gait ability with a short-term intensive gait rehabilitation program using body weight support treadmill training in community dwelling chronic poststroke survivors. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):159-163.
24. **Meyns P, Molenaers G, Desloovere K, Duysens J.** Interlimb coordination during forward walking is largely preserved in backward walking in children with cerebral palsy. *Clin Neurophysiol.* 2014;125(3):552-561.
25. **Hösl M, Böhm H, Arampatzis A, Keymer A, Döderlein L.** Contractile behavior of the medial gastrocnemius in children with bilateral spastic cerebral palsy during forward, uphill and backward-downhill gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2016;36:32-39.
26. **Kim SG, Ryu YU, Je HD, Jeong JH, Kim HD.** Backward walking treadmill therapy can improve walking ability in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *Int J Rehabil Res.* 2013;36(3):246-252.
27. **Abdel-Aziem AA, El-Basatiny HM.** Effectiveness of backward walking training on walking ability in children with hemiparetic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2016. Pii: 0269215516656468.
28. **Weng CS, Wang J, Pan XY, Yu ZZ, Wang G, Gao LP, Huo CN.** Effectiveness of backward walking treadmill training in lower extremity function after stroke. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2006;86(37):2635-2638.
29. **Yang YR, Yen JG, Wang RY, Yen LL, Lieu FK.** Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 2005;19(3):264-273.
30. **Lee KB, Lee P, Yoo SW, Kim YD.** Reliability and validity of the Korean version of the community balance and mobility scale in patients with hemiplegia after stroke. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(8):2307-2310.
31. **Michaelsen SM, Ovando AC, Romaguera F, Ada L.** Effect of backward walking treadmill training on walking capacity after stroke: a randomized clinical trial. *Int J Stroke.* 2014;9(4):529-532.
32. **Kim K, Lee S, Lee K.** Effects of Progressive Body Weight Support Treadmill Forward and Backward Walking Training on Stroke Patients' Affected Side Lower Extremity's Walking Ability. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(12):1923-1937.
33. **Kim CY, Lee JS, Kim HD.** Comparison of the Effect of Lateral and Backward Walking Training on Walking Function in Patients with Poststroke Hemiplegia: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2017;96(2):61-67.
34. **Peterson DS, Pickett KA, Duncan RP, Perlmutter JS, Earhart GM.** Brain activity during complex imagined gait tasks in Parkinson disease. *Clin Neurophysiol.* 2014;125(5):995-1005.
35. **Christofolletti G, McNeely ME, Campbell MC, Duncan RP, Earhart GM.** Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease. *Hum Mov Sci.* 2016;49:308-314.
36. **Hackney ME, Earhart GM.** The effects of a secondary task on forward and backward walking in Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(1):97-106.
37. **Tseng IJ, Yuan RY, Jeng C.** Treadmill Training Improves Forward and Backward Gait in Early Parkinson Disease. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015;94(10):811-819.
38. **Bryant MS, Rintala DH, Hou JG, Collins RL, Protas EJ.** Gait variability in Parkinson's disease: levodopa and walking direction. *Acta Neurol Scand.* 2016;134(1):83-86.

39. **Giladi N, Hausdorff JM.** The role of mental function in the pathogenesis of freezing of gait in Parkinson's disease. *J Neurol Sciences.* 2006;248(1-2):173-176.

40. **Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N.** The Role of Executive Function and Attention in Gait. *Mov Disord.* 2008;23(3):329-342.

41. **Melzer I, Oddsson LI.** The effect of a cognitive task on Voluntary step execution in Healthy elderly and young individuals. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(8):1255-1262.

42. **Hackney ME, Earhart GM.** The effects of a secondary task on forward and backward walking in Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2010;24(1):97-106.

43. **Wajda DA, Sandroff BM, Pula JH, Motl RW, Sosnoff JJ.** Effects of walking direction and cognitive challenges on gait in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler Int.* 2013; 2013:859323.

44. **Moriello G, Pathare N, Cirone C, Pastore D, Shears D, Sulehri S.** Comparison of forward versus backward walking using body weight supported treadmill training in an individual with a spinal cord injury: a single subject design. *Physiother Theory Pract.* 2014;30(1):29-37.

45. **Foster H, DeMark L, Spigel PM, Rose DK, Fox EJ.** The effects of backward walking training on balance and mobility in an individual with chronic incomplete spinal cord injury: A case report. *Physiother Theory Pract.* 2016;32(7):536-545.

46. **Chan K, Guy K, Shah G, Golla J, Flett HM, Williams J, Musselman KE.** Retrospective assessment of the validity and use of the community balance and mobility scale among individuals with subacute spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2016,55(3): 294-299.

47. **Han DB, Xu DQ.** Research progress on the biomechanics of backward walking. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine.* 2011;26:990-993.

48. **Zhao HB, Huo HF, Zhang J, Jin FX.** Foot pressure and gait features during fitness backward walking of the elders. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine.* 2010;25:435-438.

49. **Zhang X, Zhang Y, Gao X, Wu J, Jiao X, Zhao J, Lv X.** Investigating the role of backward walking therapy in alleviating plantar pressure of patients with diabetic peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(5):832-839.

50. **Wnuk BR, Durmała J, Ziaja K, Kotyla P, Woźniewski M, Błaszczak E.** A Controlled Trial of the Efficacy of a Training Walking Program in Patients Recovering from Abdominal Aortic Aneurysm Surgery. *Adv Clin Exp Med.* 2016;25(6):1241-1371.

#### Ответственный за переписку:

**Клеменов Алексей Викторович** – консультант ГБУЗ Нижегородской области Городская клиническая больница №30 Московского района г. Нижнего Новгорода, д.м.н.

Адрес: 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Звездинка, д. 9/1

Тел. (раб): +7 (831) 274-44-39

Тел. (моб): +7 (910) 389-96-11

E-mail: klemenov\_av@list.ru

#### Responsible for correspondence:

**Aleksey Klemenov** – M.D., D.Sc. (Medicine), Consultant of the Nizhny Novgorod City Clinical Hospital №30

Address: 9/1, Zvezdinka St., Nizhny Novgorod, Russia

Phone: +7 (831) 274-44-39

Mobile: +7 (910) 389-96-11

E-mail: klemenov\_av@list.ru

*Дата направления статьи в редакцию: 27.03.2017*

*Received: 27 March 2017*

*Статья принята к печати: 15.04.2017*

*Accepted: 15 April 2017*

## Поуровневая нейрореабилитация типичных повреждений опорно-двигательного аппарата у квалифицированных спортсменов

<sup>1</sup>О. С. ВАСИЛЬЕВ, <sup>1</sup>С. П. ЛЕВУШКИН, <sup>2</sup>И. А. БЕРЗИН

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК) Минспорта России, Москва, Россия

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

### Сведения об авторах:

Васильев Олег Станиславович – врач по спортивной медицине, травматолог-ортопед клиники спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) Минспорта России, к.филос.н.

Левушкин Сергей Петрович – директор НИИ спорта и спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) Минспорта России, проф., д.б.н.

Берзин Игорь Александрович – начальник отдела науки и инновационных технологий в спортивной медицине Управления спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, проф., д.м.н.

## A step-by-step neurorehabilitation of common injuries of the musculoskeletal system in the high level athletes

<sup>1</sup>O. S. VASILIEV, <sup>1</sup>S. P. LEVUSHKIN, <sup>2</sup>I. A. BERZIN

<sup>1</sup>Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

### Information about the authors:

Oleg Vasiliev – Ph.D. (Philosophy), Sports Medicine Physician, Traumatologist-Orthopedist of Sports Medicine Clinic of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE)

Sergey Levushkin – D.Sc. (Biology), Prof., Director of the Research Institute of Sports of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOLIPE)

Igor Berzin – MD, D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Science and Innovative Technologies in Sports Medicine of the Sports Medicine Organization of the FMBA of Russia

**Цель исследования:** разработка общих принципов поуровневой нейрореабилитации опорно-двигательного аппарата у квалифицированных спортсменов на примере восстановления типичных повреждений опорно-двигательного аппарата (ушибы мягких тканей, повреждения мягких тканей в области голеностопного и/или коленного суставов, неспецифический болевой синдром в пояснично-крестцовой области, нестабильность шейного отдела позвоночника и др.). **Материалы и методы:** в исследовании участвовало более 150 представителей сложнокоординационных видов спорта (спортивной, художественной гимнастики и акробатики, фигурного катания на коньках и др.) в возрасте от 10 до 18 лет. Обследуемые были распределены по полу и по возрасту на группы. Далее, согласно характеру наличествующего у спортсмена повреждения опорно-двигательного аппарата, группы были поделены на подгруппы, которые случайным образом были поделены на экспериментальную и контрольную. Экспериментальная подгруппа получала восстановительные мероприятия согласно концепции поуровневой нейрореабилитации, контрольная подгруппа - реабилитировалась традиционными средствами и методами, без учета принципов поуровневой нейрореабилитации. В исследовании были использованы: роботизированный мультисуставной лечебно-диагностический комплекс BIODEX System 4 Pro (США); оптико-электронная система трёхмерного кинематического анализа движения «Qualisys»; лучевые методы диагностики (УЗИ, Рентгенография, Компьютерная томография, Магниторезонансная томография). **Результаты:** в исследовании были определены оптимальные этапы нейрореабилитации и сроки их проведения, алгоритм маршрутизации пациентов, средства и методы диагностики и восстановления повреждений опорно-двигательного аппарата для каждого уровня построения движения. Показаны более короткие сроки восстановления до тренировочного уровня при использовании поуровневой организации реабилитации по сравнению с реабилитацией теми же средствами и методами, без учёта уровней построения движения (выигрыш по времени полного восстановления до тренировочного уровня у представителей экспериментальных групп был от 20 % до 45 % в зависимости от характера повреждения, возраста и уровня спортивного мастерства). Максимальный эффект поуровневой нейрореабилитации достигался при реабилитации сухожильно-связочных повреждений опорно-двигательного аппарата (экономия времени полного восстановления достигла 35-45%). **Выводы:** поуровневая нейрореабилитация позволяет восстанавливать повреждения опорно-двигательного аппарата у спортсменов с большим учетом специфики полученных повреждений, практикуемого вида спорта и уровня спортивного мастерства, в более короткие сроки, нежели стандартные мето-

дики (амбулаторные, поликлинические, стационарные), без применения дорогостоящей аппаратуры и оперативно возвращать спортсменов в полноценный тренировочный процесс.

**Ключевые слова:** реабилитация; нейрореабилитация; повреждения; опорно-двигательный аппарат; спортивная медицина; уровни построения движений.

**Для цитирования:** Васильев О.С., Левушкин С.П., Берзин И.А. Поуровневая нейрореабилитация типичных повреждений опорно-двигательного аппарата у квалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 55-62. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.55.

**Objective:** to develop general principles of progressive step neurorehabilitation of the musculoskeletal system in qualified athletes using the example of recovery of common musculoskeletal injuries (soft tissue injuries, soft tissue injuries in the ankle and / or knee joints, nonspecific low back pain syndrome, cervical spine instability, etc.). **Materials and methods:** the research involved more than 150 representatives of sports activities associated with the art of movement (artistic, rhythmic gymnastics and acrobatics, figure skating and other types of motor activity) aged from 10 to 18 years. The subjects were divided into groups according to gender and age. According to the nature of the musculoskeletal injury of athlete, the groups were divided into subgroups, which were randomly divided into experimental and control. The experimental subgroup received recovery measures according to the concept of progressive step neurorehabilitation, the control subgroup was rehabilitated by traditional methods, without applying the principles of progressive step neurorehabilitation. Researchers used multi-mode computerized robotic diagnostic and treatment complex BIODEX System 4 Pro (USA); electrooptical system of three-dimensional kinematic motion analysis «Qualisys»; radiological methods (ultrasonography, X-ray, Computer tomography, MRI). **Results:** optimal phases and the timing of neurorehabilitation, the algorithm for routing patients, treatment facilities and methods of diagnostics and recovery of musculoskeletal injuries for each motion level were identified. Shorter terms of recovery to the training level were shown for a level-based organization of rehabilitation in comparison with rehabilitation by the same means and methods, without taking into account the levels of motion synthesis (the gain on the time of full recovery to the training level in the experimental groups was from 20% to 45% depending on the nature of injury, age and level of athletic skill). The maximum effect of progressive step neurorehabilitation was achieved in the rehabilitation of tendon-ligamentous injuries of the musculoskeletal system (saving time of complete recovery reached 35-45%). **Conclusions:** progressive step neurological rehabilitation allows athletes to recover from musculoskeletal injuries taking into account injury specificity, sport specificity and skill level in a shorter time than the standard methods (outpatient, hospital), without the use of expensive equipment and promptly returns the athlete in a full-fledged training process.

**Key words:** rehabilitation; neurorehabilitation; injuries; musculoskeletal system; sports medicine; motion levels.

**For citation:** Vasiliev OS, Levushkin SP, Berzin IA. A step-by-step neurorehabilitation of common injuries of the musculoskeletal system in the high level athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2017;7(4):55-62. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.55.

## Введение

Под нейрореабилитацией в узком смысле понимают восстановление больных с неврологической патологией. В широком смысле, нейрореабилитация – это система патогенетически обоснованных мероприятий, направленных на комплексное восстановление повреждений структуры и нарушения функции организма. В основе нейрореабилитации лежат мероприятия с привлечением медико-педагогических, медико-психологических и медико-социальных видов воздействий [1].

Физиологической основой нейрореабилитации является пластичность структур и функций человека на разных уровнях организации (клеточном, тканевом, органном, системном).

К началу XXI века в нейрореабилитации сформировались три основных модели двигательного контроля, являющиеся одновременно теоретическим основанием реабилитационных мероприятий [2]:

- 1) рефлексорная (Ч. Шерингтон, И.П. Павлов);
- 2) многоуровневая (Р. Магнус, Х. Джексон);
- 3) системная (Н.А. Бернштейн, П.К. Анохин).

Рефлексорная и многоуровневая модели двигательного контроля хорошо себя зарекомендовали при реабилитации двигательных нарушений центрального генеза. Но при восстановлении отдельных функций и движений результативными оказались методы, осно-

ванные на системной модели двигательного контроля. Многочисленные исследования, проводимые в Казанской государственной медицинской академии (КГМА), показали эффективность реабилитационных мероприятий, основывающихся на теории построения движения Н.А. Бернштейна для больных с функциональной и органической патологией, сопровождающейся синдромом двигательных нарушений [3]. Этот синдром проявляется в двух взаимосвязанных и взаимообусловленных видах биомеханических нарушений: постуральных (осаночных, позиционных) и локомоторных (переместительных).

Учеными КГМА показано, что биомеханические нарушения всегда имеют под собой морфологическую основу (стойкие изменения форм и размеров скелета, мышц и фиброзных структур). При этом мышечно-тонические, нейрососудистые и нейромиодистрофические клинические синдромы всегда будут сопровождаться биомеханическими нарушениями [3].

Н.А. Бернштейн выделял следующие уровни построения движения, которые в нейрореабилитации используются в качестве биомеханических критериев диагностики повреждений и степени восстановления спортсменов [4]:

**УРОВЕНЬ А** (субкортикальный, рубро-спинальный уровень палеокинетических регуляций). При любых

нарушениях в работе тонических мышц корпуса происходит дисбаланс поддержания мышечного тонуса позы и рабочей осанки, то есть происходит нарушение построения любого движения на уровне А. Первичная кинезиологическая диагностика нарушений построения движений на уровне А при типичных повреждениях опорно-двигательного аппарата спортсмена может проявляться в следующих признаках:

- нарушение рабочей осанки, особенно в безопорном положении;
- нарушение рабочей осанки по сколиотическому типу, асимметрия движения в верхних и/или нижних конечностях при ходьбе, беге и т.п.;
- трудности в поддержании вертикального положения и выстройки оси на вращение и повороты;
- сложность в управлении центром тяжести, особенно в безопорных положениях;
- в силу нарушения тонуса движения спортсмена становятся угловатыми и несбалансированными.

**УРОВЕНЬ В** (субкортикальный, таламо-паладарный уровень неокинетических регуляций). При наличии типичных повреждений опорно-двигательного аппарата нарушения построения движений на уровне В могут проявляться следующим образом:

- неспособность «владения своим телом», потеря грациозности и пластичности в движениях в движениях, требующих контроля центра тяжести и поддержания вертикального положения;
- нарушения согласованности и ритма выполнения движения, в верхних или нижних конечностях;
- не поддающаяся спортивно-педагогической коррекции нерациональность движения и рабочей осанки, нередко сопровождающаяся сколиотической асимметрией в позвоночном столбе;
- сложности с поддержанием вертикальной позы на ограниченной опоре; с закрытыми глазами;
- сложности с формированием и поддержанием двигательных навыков, нестабильность двигательных навыков особенно на равновесиях и вращениях вокруг вертикальной оси;
- немотивированное нарушение привычных паттернов движения либо появление «паразитарных» паттернов движения особенно на равновесиях и вращениях вокруг вертикальной оси.

**УРОВЕНЬ С** (пирамидно-стриальный уровень пространственного поля). На уровне С представлены в основном базовые спортивно-гимнастические и акробатические движения. Все нарушения на уровне С связаны с нарушением координации движения тела спортсмена или перемещаемых им предметов в пространстве. Первичная кинезиологическая диагностика нарушений построения движений на уровне С1 при типичных повреждениях опорно-двигательного аппарата может проводиться по следующим критериям:

- нарушения локомоции, чаще в нижних конечностях при обычной ходьбе, а также при выполнении про-

фессиональных движений: бег на коньках, ходьба на лыжах, на ходулях, езда на велосипеде.

- нарушения нелокомоторных движений всего тела в пространстве, требующих контроля центра тяжести и распрямлённого положения тела (например, в акробатических и гимнастических упражнениях на снарядах);

- нарушение перемещения вещей в пространстве путём работы верхней или нижней конечностью (манипуляции с предметами руками или ногами). Первичная кинезиологическая диагностика нарушений построения движений на уровне С2 при типичных повреждениях опорно-двигательного аппарата может проводиться по следующим критериям:

- Движения прицеливания при движении рукой или ногой (например, удар ногой, отталкивание на прыжок, бросок предмета);
- Подражательные и копирующие движения в конечностях.

Первичная кинезиологическая диагностика комплексных нарушений построения движений на уровне С1 и С2 может проводиться по следующим критериям:

- Баллистические движения: толкание ядра, диска со скруткой тела (преимущественно, уровень С1).
- Жонглирование руками или ногами (преимущественно, уровень С2).

Нарушения построения движения на вышестоящих уровнях Д и Е как правило не требует медицинской реабилитации и могут быть успешно скорректированы психолого-педагогическими средствами.

При реабилитации спортсменов важно учитывать вид спорта, уровень профессионального мастерства и индивидуальные особенности спортсмена. Это стало возможным в рамках новой парадигмы в восстановлении спортсменов - спортивно-ориентированной реабилитации (Sport Specific Rehabilitation) [5]. Поуровневая нейрореабилитация является одной из реализаций данной парадигмы спортивно-ориентированной реабилитации.

Методологической основой спортивно-ориентированной реабилитации и нейрореабилитации является кинезиология - как наиболее общее учение о движении живых организмов. Кинезиология относится к междисциплинарной области знания и может рассматриваться как с позиций естественнонаучных (физико-математических, медико-биологических), так и гуманитарных (психолого-педагогических) подходов. Клинической реализацией кинезиологии в реабилитации спортсменов является кинезиотерапия. К наиболее востребованным средствам и методам кинезиотерапии в спорте относятся: мануальная терапия и массаж, лечение положением (в том числе Войта-терапия), активно-пассивные гимнастики (Бобат, PNF, Темпл-Фэй, Фэлпса, Кенни), лечебное плавание и другие (Cochrane Database of Systematic Reviews 2012).

Таким образом, нейрореабилитация является одним из новейших направлений в восстановительной меди-

цине, сочетающее в себе достижения травматологии и ортопедии, неврологии, нейрохирургии, мануальной терапии, остеопатии, кинезиологии и ЛФК. Основы нейрореабилитации были заложены нашим соотечественником Н.А. Бернштейном.

Нами проведено исследование, целью которого явилась разработка общих принципов поуровневой нейрореабилитации опорно-двигательного аппарата у квалифицированных спортсменов на примере восстановления типичных повреждений опорно-двигательного аппарата.

#### **Материалы и методы**

Эффективность использования нейрореабилитации на основе концепции многоуровневого построения движения у квалифицированных спортсменов подтверждают исследования (проведены в НИИ спорта и спортивной медицины в 2015 - 2017 гг., в том числе по заказу ФМБА России), в которых участвовало более 150 представителей сложнокоординационных видов спорта (спортивной гимнастики – 32, художественной гимнастики – 75, акробатики – 14, фигурного катания на коньках – 19 и др.). Обследуемые были распределены по полу и по возрасту на группы: 10-12 лет (средний возраст  $10,4 \pm 0,4$  лет, всего 62 человека), 13-15 лет (средний возраст  $13,2 \pm 0,6$  лет, всего 53 человека), 16-18 лет (средний возраст  $17,3 \pm 0,5$  лет, всего 34 человека). Согласно характеру наличествующего у спортсмена повреждения опорно-двигательного аппарата, группы были поделены на подгруппы (ушибы мягких тканей – 35 чел, повреждения мягких тканей в области голеностопного и/или коленного суставов – 52 чел., неспецифический болевой синдром в пояснично-крестцовой области – 43 чел., нестабильность шейного отдела позвоночника – 12 чел. и др.). Каждая подгруппа была случайным образом поделена поровну на две части: экспериментальную и контрольную. Экспериментальная подгруппа получала восстановительные мероприятия согласно концепции поуровневой нейрореабилитации, контрольная подгруппа – реабилитировалась традиционными средствами и методами, без применения обсуждаемых ниже принципов поуровневой нейрореабилитации.

В ходе диагностики были использованы следующие инструментальные средства и методы: роботизированный мультисуставной лечебно-диагностический комплекс BIODEX System 4 Pro (США); оптико-электронная система трёхмерного кинематического анализа движения «Qualisys»; лучевые методы диагностики (УЗИ, рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография).

#### **Результаты и обсуждения**

Методология проводимой поуровневой нейрореабилитации заключается в специфически организованном и индивидуально выстроенном двигательном режиме (как пассивном, так и активном) и кинезиотерапии, которые дополняются классическими средствами и мето-

дами восстановления: медикаментозной терапии, массажем, мануальной терапии, остеопатии, физиотерапии и др.

Повреждения опорно-двигательного аппарата (ОДА) у спортсменов обычно сопровождаются неспецифической симптоматикой, которую часто недооценивают, рассматривая её как проявление перетренированности и/или недовосстановления после тренировочного процесса. Для диагностики типичных повреждений ОДА у квалифицированных спортсменов, а также для оценки достаточности проведения нейрореабилитации был использован следующий алгоритм:

1. Консультация спортивного врача:

1.1 Если спортсмен полностью здоров, то выдача рекомендаций для продолжения тренировочного процесса;

1.2 Если у спортсмена диагностированы повреждения, требующие стационарного лечения, то спортсмен направляется в соответствующую по профилю клинику;

1.3 Если у спортсмена диагностированы повреждения, требующие реабилитации (либо он пришёл на реабилитацию после стационарного лечения), то переход к пункту 4;

1.4 Если требуются уточнения в диагнозе, то необходимо перейти к пункту 2.

2. Консультация специалистов (травматолог-ортопед, хирург, невролог и др. специалисты):

2.1 Если специалист устанавливает диагноз, то пункт 1;

2.2 Если требуются использование дополнительных инструментальных методов исследования, то пункт 3.

3. Применение инструментальных методов диагностики (рентгенография, УЗИ, КТ, МРТ и др. ). Переход к пункту 2.

4. Врачебно-педагогическое кинезиологическое тестирование и разработка реабилитационной программы врачом спортивной медицины (при необходимости, консультация врача физиотерапии, врача мануальной терапии и др. специалистов):

4.1 Проведение реабилитации, начиная с самого нижнего повреждённого уровня;

4.2 Оценка состояния уровней построения движения реабилитируемого и, при необходимости, коррекция средств и методов реабилитации (для инструментальной фиксации уровней нарушения построения движения использовалась система видео анализа движения «Qualisys»);

4.3 Если процесс реабилитации окончен, то переход к пункту 1.

На основании клинического осмотра, консультаций специалистов и данных инструментальных видов обследования были выделены наиболее типичные повреждения ОДА у квалифицированных спортсменов:

1) ушибы мягких тканей;

2) растяжения мышц и сухожильно-связочного аппарата;

3) перегрузочные микротравмы позвонков по типу компрессионных (усталостных, маршевых) переломов;

4) нестабильность суставов и позвонков;

5) незначительные смещения и подвывихи позвонков (особенно, в шейном и пояснично-крестцовом отделе, спондилолистезы в области L5-S1);

6) дегенеративно-дистрофические изменения и деформации в мягких тканях суставов (мениски, хрящевые структуры суставов) и межпозвоночных дисков (протрузии до 3 мм. и др.);

7) локальный мышечный гипертонус (по типу миофасциального синдрома и др.).

Кинезиологическая диагностика нарушений уровней построения движения опиралась на следующие критерии:

На уровне А – нарушение тонуса (гипертонус вплоть до образования локального миофасциального синдрома и триггерных точек, мышечный гипотонус, мышечная дистония).

На уровне В – мышечный дисбаланс и нарушение рабочей осанки и осанки покоя (по кифотическому, лордическому, сколиотическому типу, уплощение физиологических изгибов).

На уровне С – нарушение координации и биомеханическая асимметрия при выполнении профессиональных движений (функции равновесия, вращения, прыжки и ориентировки в пространстве).

Тем самым, за показателями нарушения уровней построения движения можно принять следующие (табл. 1):

Таблица 1

**Показатели нарушения/восстановления уровней построения движения**

Table 1

**Indicators of impairment / recovery of motion levels**

Уровень построения движения	Показатель нарушения/восстановления
А	Состояние мышечного тонуса
В	Состояние осанки покоя
С	Координация и симметрия движения

Во всех случаях диагностированные повреждения ОДА сопровождалась той или иной степенью выраженности нарушениями уровней А, В и С построения движения. В ходе проводимых исследований были установлены наиболее эффективные средства и методы коррекции повреждений опорно-двигательного аппарата для каждого уровня построения движения:

- для уровня А – ортопедический режим, ортезирование, медикаментозная терапия, физиотерапия, массаж, остеопатия, мануальная терапия (в том числе метод ишемической компрессии и др.), активные и пассивные растяжки (частично, метод постизометрической релаксации), специально организованная плавание, тракционная терапия (метод подводного вытяжения);

- для уровня В – мануальная терапия (мобилизация суставов), Войта-терапия, активно-пассивная гимнасти-

ка (в том числе, метод постизометрической релаксации), упражнения партерной гимнастики Б. Князева, специально организованная лечебное плавание, треккинг-ходьба с палками, изометрически-растягивающая гимнастика Клаппа;

- для уровня С – индивидуально подобранные комплексы лечебной физкультуры (ЛФК) с предметом и на снаряде (бревно, перекладина, кольца, батут, минитрамп и др.), частично, треккинг-ходьба с палками.

В рамках спортивно-педагогической деятельности (тренировочного процесса) возможно проведение сильной коррекции нарушений на уровнях С, D и E. Но нарушения, лежащие на низших уровнях (А и В) педагогическими методами воздействия корректируются незначительно. На этих уровнях эффективны реабилитационные средства и методы, изложенные в таблице 2.

В ходе исследования были определены оптимальные этапы нейрореабилитации типичных повреждений опорно-двигательного аппарата для каждого уровня построения движения и эффективность восстановления, представленные в таблице 3.

При этом, средняя продолжительность каждого этапа составила: 5-7 дней. Средняя продолжительность всего курса нейрореабилитации составила 25-35 дней. При этом полное исключение физической нагрузки, как правило, требовало не более недели, после чего процесс реабилитации проводился лишь с частичным отрывом от основного места тренировочного процесса, что обеспечивало наиболее комфортные для реабилитируемого спортсмена условия восстановления и облегчало дальнейшее вхождение в тренировочный процесс. Рассмотрим этапы поуровневой нейрореабилитации более подробно:

*Этап 1. Реабилитация на уровне А.*

Средняя продолжительность этапа 5-7 дней.

На этом этапе применяются специфические для данного повреждения средства и методы реабилитации, преимущественно задействующие уровень А.

Наибольшую эффективность показали следующие средства и методы:

- ортопедический режим и ортезирование;
- медикаментозная терапия (в том числе и новокаиновые блокады);
- тракционное лечение;
- массаж с элементами мягкой мануальной терапии (ишемическая компрессия).

На этом этапе происходит купирование болевого синдрома. Переход к следующему этапу осуществляется при достижении 50% коррекции уровня А. Если коррекция не достигается за 5-7 дней, необходимо продолжить реабилитационные мероприятия следующим образом:

- сменить схему медикаментозной терапии;
- добавить (или скорректировать) физиотерапевтические лечение;
- добавить новые методы восстановления (например, сауна).

Таблица 2

**Эффективные средства и методы реабилитации в зависимости от восстанавливаемого уровня построения движения**

Table 2

**Effective methods and treatment facilities of rehabilitation, depending on the restored motion level**

№	Средства и методы реабилитации	Уровень коррекции
1	Ортопедический режим и ортезирование (корректоры осанки, поясничные корсеты, ортезы и т.п.)	А, В
2	Медикаментозная терапия (нестероидные и стероидные противовоспалительные препараты, препараты, улучшающие микроциркуляцию тканей, миорелаксанты, хондропротекторы, витаминно-минеральные комплексы и др.)	А
3	Блокады и микроинъекционная терапия	А
4	Физиотерапия (УФО, электростимуляция мышц, индуктотермия, магнитотерапия, электрофорез, фонофорез, лазеротерапия, озокеритотерапия, бальнеотерапия)	А
5	Массаж медицинский	А, частично В
6	Метод ишемической компрессии	А
7	Тракторная терапия (подводное вытяжение и т.п.)	А, частично В
8	Мануальная терапия, остеопатия Иглорефлексотерапия. Метод пост изометрической релаксации. Кинезиотейпирование	А, частично В
9	Войта-терапия	В и частично А
10	ЛФК, Кинезиотерапия (Специальное прикладное плавание. Треккингвая ходьба с палками.), ОФП и СФП. Партерная гимнастика Б. Князева, изометрически-растягивающая гимнастика Клаппа. Применение средств спорта: упражнения предметом и на снаряде (бревно, перекладина, кольца, батут, минитрамп и др.)	В и С
11	Традиционная медицина: апитерапия, гирудотерапия, глинтотерапия, стоун терапия, китайская гимнастика Тай-Цзи, оздоровительная система Цигун	А, В, С
12	Санаторно-курортное лечение	А, В, частично, С
13	Специально организованные спортивно-восстановительные сборы	А, В, С

Таблица 3

**Этапы нейрореабилитации**

Table 3

**Phases of neurological rehabilitation**

Этап	Восстановление уровня А	Восстановление уровня В	Восстановление уровня С
1	До 50 % от нормы	Не проводится	Не проводится
2	До 75 % от нормы	До 50 % от нормы	Не проводится
3	До 100 % от нормы	До 75 % от нормы	До 50 % от нормы
4	Не проводится	До 100 % от нормы	До 75 % от нормы
5	Не проводится	Не проводится	До 100 % от нормы

*Этап 2. Реабилитация на уровне В.*

Предполагает восстановление уровня В до 50% от нормы с довосстановлением уровня А до 75% от нормы. Средняя продолжительность этапа 5-7 дней. На этом этапе применяются специфические для данного повреждения средства и методы реабилитации, преимущественно задействующие уровень В и довосстанавливающие уровень А:

- ортопедический режим и ортезирование (продолжаются с первого этапа с коррекцией на расширение двигательного режима; в случае назначения ортезирова-

ния - меняется ортез на более мягкий или производится переход к кинезиотейпированию);

- медикаментозная терапия (продолжается с первого этапа, с постепенным снижением доли противовоспалительной терапии и повышением доли микроциркуляторной терапии);

- массаж, мануальная терапия (делается акцент на метод постизометрической релаксации), Войта-терапия.

Если за 5-7 дней необходимая коррекция уровней А и В не достигается, следует скорректировать средства и методы реабилитации на этом уровне следующим образом:

- сменить тип ортезирования на более функциональный (например, сменить схему кинезиотейпирования);
- сменить двигательный режим в сторону повышения общей физической работоспособности;
- добавить средства гидротерапии, бальнеотерапии (например, специального ЛФК в воде);
- добавить новые методы восстановления (баня, сауна по показаниям).

*Этап 3.* Является центральным в курсе нейрореабилитации. На этом этапе происходит восстановление уровня С до 50 % от нормы, с довосстановлением уровня В до 75% от нормы и полного восстановления уровня А. Средняя продолжительность этапа 5-7 дней. Ведущими средствами и методами реабилитации на третьем этапе являются ЛФК, кинезиотерапия (специальное прикладное плавание, трекинговая ходьба с палками и др.). В качестве сопутствующих остаются средства и методы, довосстанавливающие уровни А и В (например, массаж).

*Этап 4.* Восстановление уровня С до 75 % от нормы, с довосстановлением уровня В до нормы. Средняя продолжительность этапа 5-7 дней. С переходом на этот этап у спортсмена полностью восстановлен уровень А, поэтому специфические для уровня А средства и методы реабилитации (медикаментозная терапия, физиотерапевтическое лечение и др.) обычно не применяются. Ведущими средствами и методами реабилитации на этом уровне являются кинезиотерапия в виде общей физической подготовки (ОФП), партерная гимнастика Б. Князева, изометрически-растягивающая гимнастика Клаппа. В качестве сопутствующих остаются средства и методы, способствующие восстановлению до уровня В (прикладное плавание, мягкое функциональное ортезирование в виде тейпирования).

*Этап 5.* Завершающий этап медицинской нейрореабилитации.

На данном этапе преобладают средства и методы спортивно-педагогической реабилитации. Цель этапа – обеспечение перехода к тренировочным нагрузкам. На этом этапе завершается восстановление уровня С до нормы. Средняя продолжительность этапа 5-7 дней.

Специфические уровням А и В средства и методы на этом этапе как правило не применяются. Ведущими на этом уровне являются спортивно-педагогические средства и методы физической реабилитации, которые используются тренерами и методистами под руководством медицинского персонала. При этом применяются средства и методы ОФП и специальной физической подготовки (СФП), а также специализированные для определенного вида спорта действия, например, упражнения с предметом и на снаряде (бревно, перекладина, кольца, батут, минитрампы и др.).

Восстановление на этом этапе, а также в первые 2-4 недели возврата к тренировочным нагрузкам, рекомендуется проводить с мягким функциональным ортезированием в виде обычного тейпирования или кинезиотейпирования.

Следует заметить, что непосредственное участие врача на всех этапах реабилитации не требуется. Обученный средний медицинский персонал (в том числе и инструктор ЛФК со средним медицинским образованием) могут проводить практически все манипуляции и процедуры, за исключением врачебных (мануальная терапия и др.). Участие личного тренера восстанавливаемого спортсмена на 4-м этапе реабилитации необходимо, а на 5 этапе ему отводится решающая роль (табл. 4).

Таблица 4

#### Специалисты, задействованные в реабилитации

Table 4

#### Specialists involved in rehabilitation

Этап	Специалисты, проводящие реабилитацию
1	Средний медицинский персонал под наблюдением врача
2	Врач при участии среднего медицинского персонала
3	Врач при участии среднего медицинского персонала
4	Средний медицинский персонал под наблюдением врача и при участии спортивно-педагогического состава (тренер, методист)
5	Спортивно-педагогический состав (тренер, методист) под наблюдением среднего медперсонала

Несмотря на относительную неоднородность участвующих в исследовании групп, были достоверно показаны более короткие сроки восстановления до тренировочного уровня при поуровневой организации реабилитации по сравнению с реабилитацией теми же средствами и методами, без учёта уровней построения движения (выигрыш по времени полного восстановления до тренировочного уровня у представителей экспериментальных групп был от 20% до 45% в зависимости от характера повреждения, возраста и уровня спортивного мастерства). При этом максимальный эффект поуровневой нейрореабилитации достигался при реабилитации сухожильно-связочных повреждений опорно-двигательного аппарата (экономия времени полного восстановления достигла 35-45%).

Таким образом, в ходе выполненного исследования было выявлено, что нейрореабилитация, основанная на реализации концепции многоуровневого построения движения позволяет эффективно восстанавливать повреждение опорно-двигательного аппарата у спортсменов разного уровня подготовки в более короткие сроки, нежели стандартные методики (амбулаторные, поликлинические, стационарные), без применения дорогостоящей аппаратуры и оперативно возвращать спортсмена в полноценный тренировочный процесс.

#### Заключение

Нейрореабилитация является сравнительно новым направлением в клинической практике, которое заслу-

живает пристального внимания и дальнейшей проработки методологической базы. Организация системы нейрореабилитации повреждений опорно-двигательного аппарата у высококвалифицированных спортсменов – важная и непростая задача спортивной медицины. При использовании нейрореабилитации необходимо следовать принципам мультидисциплинарного подхода. Только объединённые усилия врачей - клиницистов, спортивных кинезиологов, методистов и тренеров-преподавателей способны оперативно и эффективно восстановить утерянные функции спортсмена.

Поуровневая нейрореабилитация повреждений опорно-двигательного аппарата спортсменов, в отличие от традиционной реабилитации, обладает следующими важными для спорта особенностями:

1. Реабилитации подвергается не только мышечно-связочный аппарат, но и сосудисто-нервные структуры. Это достигается за счет использования специально подобранных средств и методов снятия компрессии с этих структур (это могут быть мышечные спазмы, гипертонусы, гипертрофии мышц, отёки и т.п.).

2. Нейрореабилитация способствует привлечению к процессу восстановления не только всех уровней центральной нервной системы (ЦНС), но и уровень периферической нервной системы. Так, спазм постуральных мышц спины или выработанная спортсменом патологическая рабочая осанка могут создавать компрессию сосудисто-нервных структур. На уровне корковых структур ЦНС, когда патологические и/или нерациональные паттерны движения приводят к биомеханическим перегрузкам в ОДА.

3. Поуровневая нейрореабилитация позволяет наиболее адекватно и в более короткие сроки восстанавливать двигательные функции спортсменов, учитывая их индивидуальные физические кондиции и специфику практикуемого вида спорта.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

### Список литературы/References

1. **Белова Н.А.** Нейрореабилитация. М.: Антидор, 2002. 736 с. / Belova NA. Neurorehabilitation. Manual for doctors. Moscow, Antidor, 2002. 736 p. (in Russian).

2. **Черникова Л.А.** Нейрореабилитация: современное состояние и перспективы развития // РМЖ. 2005. №22. С. 1453-1456. / Chernikova LA. Neurorehabilitation: current state and prospects for the development. RMZ. 2005;(22):1453-1456. (in Russian).

3. **Аухадеев Э.И., Иваничев Г.А., Хабиров Ф.А.** Идеи Н.А. Бернштейна – методологическая основа разработок восстановительного лечения в неврологии // Казанский медицинский журнал. 2007. Т.88, №5. С. 426-430. / Aukhadeev EI. Ivanichev GA, Khabirov FA. Ideas of NA. Bernstein – the methodological basis for the development of recovery treatment in neurology. Kazan Medical Journal. 2007;88(5):426-430. (in Russian).

4. **Бернштейн Н.А.** О построении движения. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1947. 254 с. / Bernstein NA. About the motion synthesis. Moscow, State Publishing House of Medical Literature, 1947. 254 p. (in Russian).

5. **Wicker A.** Sport-Specific Aquatic Rehabilitation. Current Sports Medicine Reports. 2011;(10):62-63. (in Russian).

### Ответственный за переписку:

**Левушкин Сергей Петрович** – директор НИИ спорта и спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) Минспорта России, проф., д.б.н.

Адрес: 105122, Россия, г. Москва, ул. Сиреневый бульвар, д. 4

Тел. (раб): +7 (495) 961-31-11

Тел. (моб): +7 (916) 965-00-94

E-mail: levushkinsp@mail.ru

### Responsible for correspondence:

**Sergey Levushkin** – D.Sc. (Biology), Prof., Director of the Research Institute of Sports of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism (SCOPLIPE)

Address: 4, Sireneviy Boulevard, Moscow, Russia

Phone: +7 (495) 961-31-11

Mobile: +7 (916) 965-00-94

E-mail: levushkinsp@mail.ru

Дата направления статьи в редакцию: 14.04.2017

Received: 14 April 2017

Статья принята к печати: 29.05.2017

Accepted: 29 May 2017

## Ассоциация вариации rs12722 COL5A1 гена с риском разрыва передней крестообразной связки коленного сустава

<sup>1,2</sup>В. П. ПУШКАРЕВ, <sup>3</sup>Д. А. ДЯТЛОВ, <sup>4</sup>Р. Р. АХМЕТЬЯНОВ, <sup>5</sup>А. М. ЧМУТОВ,  
<sup>1</sup>Ю. Э. ПУШКАРЕВА, <sup>4</sup>Л. Н. ПОЛЛЯК

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Южно-Уральский Государственный медицинский университет Минздрава России,  
Челябинск, Россия

<sup>2</sup>ФГБУН Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России, Челябинск, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Уральский Государственный университет физической культуры Минспорта России,  
Челябинск, Россия

<sup>4</sup>ГБУЗ Челябинская областная клиническая больница Минздрава Челябинской области, Челябинск, Россия

<sup>5</sup>Медицинский центр «МЕДЕОР», Челябинск, Россия

### Сведения об авторах:

Пушкарёв Владимир Павлович – научный сотрудник НИИ иммунологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, старший научный сотрудник лаборатории радиационной генетики ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России, к.м.н.

Дятлов Дмитрий Анатольевич – заведующий кафедрой теории физической культуры и биомеханики ФГБОУ ВО УралГУФК Минспорта России, д.б.н., проф.

Ахметьянов Рустам Рафисович – врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения ГБУЗ ЧОКБ Минздрава Челябинской области

Чмутов Александр Михайлович – врач травматолог-ортопед медицинского центра «МЕДЕОР»

Пушкарёва Юлия Эдуардовна – ассистент кафедры факультетской педиатрии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, к.м.н.

Полляк Леонид Наумович – заведующий травматолого-ортопедическим отделением ГБУЗ ЧОКБ Минздрава Челябинской области, к.м.н.

## Association of rs12722 COL5A1 gene variation with risk of anterior cruciate ligament rupture

<sup>1,2</sup>V. P. PUSHKAREV, <sup>3</sup>D. A. DYATLOV, <sup>4</sup>R. R. AKHMETYANOV, <sup>5</sup>A. M. CHMUTOV,  
<sup>1</sup>Yu. E. PUSHKAREVA, <sup>4</sup>L. N. POLLYAK

<sup>1</sup>South-Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup>Ural Research Centre of Radiation Medicine of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Chelyabinsk, Russia

<sup>3</sup>Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia

<sup>4</sup>Chelyabinsk Regional Clinical Hospital, Chelyabinsk, Russia

<sup>5</sup>«MEDEOR» Medical Center, Chelyabinsk, Russia

### Information about the authors:

Vladimir Pushkarev – M.D., Ph.D. (Medicine), Scientist of the Scientific Research Institute of Immunology of the South-Ural Medical University, Senior Researcher of the Laboratory of Radiation Genetics of the Ural Research Center of Radiation Medicine of the Federal Medical Biological Agency of Russia

Dmitry Dyatlov – D.Sc. (Biology), Prof., Head of the Department of Theory of Physical Culture and Biomechanics of the Ural State University of Physical Culture

Rustam Akhmetyanov – M.D., Traumatologist-Orthopedist of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Chelyabinsk Regional Hospital

Aleksandr Chmutov – M.D., Traumatologist-Orthopedist of the «MEDEOR» Medical Center

Yulia Pushkareva – M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Department of Faculty Pediatrics of the South-Ural Medical University

Leonid Pollyak – M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Chelyabinsk Regional Hospital

**Цель исследования:** оценка влияния вариации rs12722 (C/T) COL5A1 гена на разрыв ПКС в европеоидной популяции Уральского региона России. **Материалы и методы:** основная группа включала 173 пациентов с разрывом передней крестообразной связки (ПКС), контрольная группа – 370 человек без симптомов разрыва ПКС. Обе группы не отличались по полу, возрасту, росту, массе и индексу массы тела. **Результаты:** наблюдались следующие генотипические частоты (%): основная группа – T/T – 34,1, C/T – 46,8, C/C – 19,1; контроль – T/T – 25,4, C/T – 50,8,

C/C - 23,8. Генотипические частоты в обеих группах находились в равновесии Харди-Вайнберга. Выявлено существенное различие аллельных частот между группами ( $p = 0,039$ ). Доля людей с генотипом T/T по сравнению с теми, у кого есть C аллель (C/T+ C/C генотипы), в основной группе была достоверно выше, чем в контроле ( $\chi^2 = 4,408$ ,  $p = 0,036$  при 1 ст. св.; LR-тест = 4,325,  $P = 0,038$  при 1 ст. св.). Отношение шансов равно 1,52 (95% доверительный интервал: 1,027-2,249). **Выводы:** впервые показана ассоциация вариации rs12722 COL5A1 гена с риском разрыва ПКС в российской популяции.

**Ключевые слова:** разрыв передней крестообразной связки коленного сустава; генетическая предрасположенность; ген альфа 1 цепи коллагена V типа; однонуклеотидная замена rs12722 (C/T); 3'-нетранслируемая область.

**Для цитирования:** Пушкарев В.П., Дятлов Д.А., Ахметьянов Р.Р., Чмутов А.М., Пушкарева Ю.Э., Поляк Л.Н. Ассоциация вариации rs12722 COL5A1 гена с риском разрыва передней крестообразной связки коленного сустава // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т.7, №4. С. 63-68. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.63.

**Objective:** to determine the influence of rs12722 (C/T)COL5A1 gene variation on ACL rupture in Europeans of Ural region of Russia. **Materials and methods:** the case group included 173 patients with diagnosed anterior cruciate ligament (ACL) ruptures; control group included 370 asymptomatic persons. Both groups were similar on a sex, age, growth, weight and BMI. **Results:** the following genotypic frequencies were observed (in %): case group – a T/T of 34,1, C/T of 46,8, C/C of 19,1; control group – a T/T of 25,4, C/T of 50,8, C/C 23,8. Genotypic frequencies in both groups met Hardy-Weinberg equilibrium. Significant difference of allelic frequencies was revealed between two groups ( $p = 0,039$ ). Persons with a T/T genotype had a significantly increased risk of ACL ruptures in comparison with persons with C/T + C/C genotypes ( $\chi^2 = 4,408$ ,  $p = 0,036$ , OR = 1,52, 95% confidence interval: 1,027 – 2,249). **Conclusions:** this is the first study that shown the association of rs12722 COL5A1 gene variation with risk of an ACL rupture in Russian population.

**Key words:** anterior cruciate ligament rupture; genetic predisposition; COL5A1 gene; sequence variation rs12722 (C/T); 3'-untranslated region.

**For citation:** Pushkarev VP, Dyatlov DA, Akhmetyanov RR, Chmutov AM, Pushkareva YuE, Pollyak LN. Association of rs12722 COL5A1 gene variation with risk of anterior cruciate ligament rupture. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;7(4):63-68. (in Russian). DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.63.

## Введение

Генетические варианты повышенного риска патологических состояний, включая травмы опорно-двигательного аппарата, могут оказывать существенное влияние на физическую работоспособность и спортивную успешность [1-3].

Коленный сустав (КС) является одним из важнейших и одновременно наиболее уязвимым синовиальным суставом в человеческом организме с учетом его анатомических и биомеханических особенностей. Травмы КС занимают одно из первых мест среди повреждений крупных суставов. Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) является одним из наиболее частых повреждений связочного аппарата КС. В среднем в общей популяции на 100 000 человек приходится 30-35 случаев разрыва ПКС в год [4]. Разрыву ПКС способствуют физические нагрузки, связанные с резким изменением направления движения, ротацией на фиксированной голени, приземлением на прямые ноги после прыжка [4, 5]. Разрыв ПКС является одной из частых травм в спорте – 2,6% от общего количества [5]. Самыми травмоопасными видами спорта являются гимнастика, футбол, борьба, хоккей с шайбой, волейбол и др. Разрыв ПКС требует хирургического лечения и длительной реабилитации с ограничением физической активности. Мета-анализ, включавший 7556 спортсменов с разрывом ПКС, показал, что после реконструкции ПКС только 55% вернулись в соревновательный спорт [6]. Другим негативным моментом является высокая частота посттравматического дегенеративного остеоартрита КС после хирургической реконструкции ПКС [7]. Это определяет актуальность изучения факторов риска разрыва ПКС и

разработки мероприятий, направленных на сокращение распространенности разрывов ПКС в популяции [5].

Роль наследственности в развитии разрыва ПКС была показана Flynn R.K. и соавт. [8]. Ими было установлено, что у родственников первой линии родства пациентов с разрывом ПКС риск развития этой патологии в 2 раза выше общепопуляционного [8]. Генетические ассоциативные исследования показали, что для индивидуального риска разрыва ПКС значимыми являются вариации последовательности генов, кодирующих коллагены нескольких типов, формирующих фибриллы связок, ростковый фактор дифференцировки 5, матричные металлопротеиназы и протеогликаны и др. [9-15].

Вариант последовательности rs12722 (C/T) внутри 3'-нетранслируемого региона (UTR) гена COL5A1 ассоциирован с различными заболеваниями связок и сухожилий: хронической тендинопатией ахиллова сухожилия [16], синдромом запястного канала [17], двухсторонним одномоментным разрывом сухожилия четырехглавой мышцы бедра [18], разрывом ПКС [10]. COL5A1 кодирует  $\alpha 1$  цепь коллагена V типа, который играет важную роль при нуклеации и сборке фибрилл, и снижение его экспрессии в ходе этого процесса приводит к уменьшению фибрилл коллагена I типа в сухожилиях, связках, коже и роговице [18, 19]. Galasso O. и соавт. (2012) показали, что T/T генотип вариации rs12722 COL5A1 снижает экспрессию гена COL5A1 и количество волокон коллагена V типа в сухожилиях четырехглавой мышцы бедра [18].

В связи с этим, целью работы было исследование ассоциации вариации rs12722 COL5A1 с риском разрыва ПКС коленного сустава в российской популяции. Предварительная гипотеза заключалась в том, что T аллель и

T/T генотип вариации rs12722 COL5A1 гена чаще встречаются в группе пациентов с разрывом ПКС по сравнению с контрольной группой.

#### Материалы и методы

Всего было обследовано 543 неродственных физически активных европеоидных жителей преимущественно Челябинской области. Группа пациентов с разрывом ПКС (основная группа) включала 173 человека, которые проходили лечение в травматологическом отделении Дорожной клинической больницы на ст. Челябинск и травматолого-ортопедическом отделении №1 Челябинской областной клинической больницы с декабря 2012 года по февраль 2017 года. Разрыв ПКС был диагностирован с помощью МРТ и/или артроскопии коленного сустава. Контрольная группа состояла из 370 человек без разрыва ПКС в анамнезе. Все участники обследования подписали личное информированное согласие.

Биологические образцы были взяты в виде венозной крови с добавлением цитрата натрия. Геномную ДНК экстрагировали с помощью набора GeneJET Genomic DNA Purification Kit (ThermoFisher, США). Количество ДНК измеряли на флуорометре Qubit® 2.0 (ThermoFisher, США). Генотипирование rs12722 COL5A1 гена проводили с помощью набора TaqMan® SNP Genotyping Assay, AssayIDC\_370252\_20 на приборе StepOne™ Real-Time PCR System (ThermoFisher, США). Результаты экспериментов обрабатывались с помощью TaqMan® Genotyper Software V1.3 (ThermoFisher, США). В качестве положительного контроля служили образцы ДНК: K562 DNA High Molecular Weight и 9947ADNA (Promega Corp., США). Генетические профили: K562 DNA – C/C, 9947ADNA – C/T. Для контроля точности генотипирования 20% образцов ДНК исследовались дважды со 100% совпадением результатов.

Статистический анализ проводили с помощью программы IBM SPSS v.21. Значимость различий между возрастными, половыми и антропометрическими па-

раметрами основной и контрольной групп проверяли с помощью t-критерия Стьюдента. Нулевую гипотезу ( $H_0$ ) отсутствия отклонения генотипических частот вариации rs12722 COL5A1 гена в основной и контрольной группах от равновесия Харди-Вайнберга (РХВ) оценивали с помощью метода  $\chi^2$  Пирсона. Тест  $\chi^2$  Пирсона и критерий отношения правдоподобия использовали для анализа различий аллельных и генотипических частот между группами. Значимость была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

#### Результаты

Как видно из таблицы 1, основная (пациенты с разрывом ПКС) и контрольная группы существенно не отличались по полу, возрасту, росту, массе и индексу массы тела (ИМТ).

Генотипические и аллельные частоты исследованной вариации представлены в таблице 2. Тест  $\chi^2$  Пирсона для основной и контрольной групп подтвердил нулевую гипотезу ( $H_0$ ) отсутствия существенных отличий генотипических частот от РХВ. Частота минорного аллеля С в контрольной группе составила 49,2% и сходна со значениями для других европеоидных популяций [20].

Как видно из таблицы 2, частота T аллеля выше в основной группе по сравнению с контролем. Различие аллельных частот между основной и контрольной группами оценивали с помощью  $\chi^2$  критерия согласия Пирсона и теста отношения правдоподобия (LR-тест). Значение  $\chi^2$  равно 4,253,  $p = 0,039$  при 1 ст. св.;  $LR = 4,265$ ,  $p = 0,039$  при 1 ст. св. Следовательно,  $H_0$  может быть отклонена, так как вероятность различия аллельных частот между группами ниже установленного порога 0,05.

В соответствии с доминантной моделью долю людей с генотипом T/T сравнивали с теми, у кого есть С аллель (C/T + C/C генотипы), в основной и контрольной группах с помощью критерия согласия Пирсона и LR-теста (табл. 3). Критерий  $\chi^2$  Пирсона равен 4,408,  $p = 0,036$  при 1 ст. св.; тест отношения правдоподобия = 4,325,

Таблица 1

#### Показатели основной (разрыв ПКС) и контрольной групп

Table 1

#### Characteristics of the case (ACL rupture) and control groups

Группы	Основная	Контрольная	p
Общее количество			
женщины	173 47 (27%)	370 120 (32%)	0,215
мужчины	126 (73%)	250 (68%)	
Возраст (годы) <sup>1</sup>	32,9 ± 0,8	34,3 ± 0,6	0,162
Рост (м)	1,74 ± 0,01	1,74 ± 0,01	1,000
Масса (кг)	80,8 ± 1,1	80,7 ± 1,6	0,959
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	26,7 ± 0,3	26,4 ± 0,4	0,549

Примечание: <sup>1</sup>в основной группе возраст пациентов указан на момент разрыва ПКС, в контрольной группе – на момент обследования. Все значения представлены как среднее арифметическое ± стандартная ошибка.

Таблица 2

Распределение генотипических и аллельных частот вариации rs12722 COL5A1 гена в основной и контрольной группах

Table 2

Allelic and genotype frequencies distributions of the rs12722COL5A1 variant in the case and control groups

Группы	rs12722COL5A1 генотипы				rs12722COL5A1 аллели		
	C/C	C/T	T/T	PXB <sup>2</sup>	C	T	p
Основная	19,1 <sup>1</sup> (33)	46,8 (81)	34,1 (59)	0,58	42,5 (147)	57,5 (199)	0,039 <sup>3</sup> 0,039 <sup>4</sup>
Контрольная	23,8 (88)	50,8 (188)	25,4 (94)	0,75	49,2 (364)	50,8 (376)	–

Примечание: <sup>1</sup>значения выражены как частота в процентах с количеством обследованных в скобках (n); <sup>2</sup>H<sub>0</sub> отклонения генотипических частот основной и контрольной групп от PXB оценивали с помощью  $\chi^2$  Пирсона при 1 степени свободы (ст.св.). Различие аллельных частот между группами оценивали с помощью критерия согласия Пирсона<sup>3</sup> и теста отношения правдоподобия (LR-тест)<sup>4</sup>:  $\chi^2 = 4,253$ , p = 0,039 при 1 ст. св.; LR = 4,265, p = 0,039 при 1 ст. св.

Таблица 3

Распределение частот генотипов T/T против C/T+C/C вариации rs12722 COL5A1 гена в основной и контрольной группах (доминантная модель)

Table 3

Distribution of T/T vs C/T+C/C genotype frequencies of the rs12722COL5A1 variant in the case and control groups

Группы	rs12722COL5A1 генотипы		
	T/T	C/T + C/C	p
Основная	34,1 (59) <sup>1</sup>	65,9 (114)	0,036 <sup>2</sup>
Контрольная	25,5 (94)	74,5 (276)	0,038 <sup>3</sup>

Примечание: <sup>1</sup>значения выражены как частота в процентах с количеством обследованных в скобках (n). H<sub>0</sub> для частоты генотипа TT против частоты (C/T + C/C) между группами оценивали с помощью критерия согласия Пирсона<sup>2</sup> и LR-теста<sup>3</sup>:  $\chi^2=4,408$ , p = 0,036 при 1 ст. св.; \*\*\*LR-тест = 4,325, p = 0,038 при 1 ст. св.; отношение шансов (ОШ) равно 1,52 (95% ДИ: 1,027 – 2,249).

p = 0,038 при 1 ст. св.; отношение шансов (ОШ) равно 1,52 (95% доверительный интервал: 1,027 – 2,249). Так как границы 95% ДИ не включают 1, можно сделать вывод о статистической значимости выявленной связи между T/T генотипом вариации rs12722 COL5A1 гена и риском разрыва ПКС при уровне значимости p < 0,05. Следовательно, риск разрыва ПКС у людей с генотипом T/T примерно в 1,5 раза выше по сравнению с носителями C/C и C/T генотипов.

**Обсуждение**

Коллаген V типа является важным структурным компонентом нехрящевых фибрилл, в которых он интеркалирует с коллагенами I и III типа для формирования гетеротипных фибрилл, что играет важную роль в сборке фибрилл и их латеральном росте. Экспрессия обеих копий COL5A1 гена необходима для нормального фибрилlogenеза. Тот факт, что col5a1<sup>-/-</sup> мыши умирают in utero, подчеркивает то, что коллаген V типа является жизненно важным белком [22].

Исследованный генетический вариант rs12722 COL5A1 гена представляет транзицию цитозина на тимин внутри 3'-UTR. Известно, что 3'-UTR генов эукариот содержит элементы, которые являются важны-

ми посттранскрипционными регуляторами (поли-А сигналы, сайты прикрепления белков и микроРНК). LaguetteM-J. с соавт. (2011) показали, что варианты последовательности внутри 3'-UTRCOL5A1 гена нарушают стабильность мРНК[22]. Galasso O. и соавт. (2012) обнаружили, что T/T генотип вариации rs12722 COL5A1 снижает экспрессию гена COL5A1 и количество волокон коллагена V типа в сухожилиях четырехглавой мышцы бедра [18]. Исследованный генетический вариант был ассоциирован с заболеваниями опорно-двигательного аппарата: хронической тендинопатией ахиллова сухожилия [16], синдромом запястного канала [17], двухсторонним одномоментным разрывом сухожилия четырехглавой мышцы бедра при отсутствии инициирующей травмы [18], разрывом ПКС [10].

Главной находкой этого исследования является обнаружение взаимосвязи между вариацией rs12722 COL5A1 гена и разрывом ПКС в выборке больных из российской популяции. Частота аллеля повышенного риска (T аллель) была выше в основной группе по сравнению с контролем (57,5% против 50,8%, p = 0,039). Доля людей с генотипом T/T по сравнению с теми, у кого есть C аллель (C/T + C/C генотипы), в основной группе была

достоверно выше, чем в контроле ( $\chi^2 = 4,408$ ,  $p = 0,036$  при 1 ст. св.; LR-тест = 4,325,  $P = 0,038$  при 1 ст. св.). ОШ составило 1,52 (95% ДИ: 1,027 – 2,249). То есть, риск разрыва ПКС у людей с генотипом Т/Т примерно в 1,5 раза выше по сравнению с носителями С/С и С/Т генотипов. Таким образом, полученные нами данные впервые демонстрируют ассоциацию аллеля Т и генотипа Т/Т вариации rs12722 COL5A1 гена с повышенным риском разрыва ПКС в российской популяции.

### Заключение

В исследовании впервые показана ассоциация вариации rs12722 COL5A1 гена с риском разрыва ПКС в российской популяции. Результат нашего исследования нуждается в подтверждении, которое может быть получено воспроизведением ассоциативного исследования случай-контроль на независимой выборке. Это позволит разработать набор генетических вариаций для российской популяции, влияющих на риск разрыва ПКС, с учетом результатов полученных нами ранее [12-14]. Последующее практическое применение такой панели локусов поможет формировать группы повышенного риска по разрыву ПКС, чтобы снизить этот риск за счет превентивных мероприятий (разминочные упражнения и упражнения на растягивание, развитие силы и выносливости, развитие проприоцептивной функции, применение средств защиты [4, 5]), а также для персонализации подходов к лечению и ведению пациентов с разрывом ПКС.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки

**Funding:** the study had no sponsorship

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

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

### Список литературы/References

1. Ahmetov II, Egorova ES, Gabdrakhmanova LJ, Fedotovskaya ON. Genes and Athletic Performance: An Update. *Med Sport Sci.* 2016;61:41-54.

2. Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта. М.: Советский спорт, 2009. 268 с. / Ahmetov II. Molekularnaya genetika sporta. Moscow, Sovetsky sport, 2009. 268 p. (in Russian).

3. Banting LK, Pushkarev VP, Cieszczyk P, Zarebska A, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk MA, Leońska-Duniec A, Dyatlov DA, Orekhov EF, Degtyarev AV, Pushkareva YE, Yan X, Birk R, Eynon N. Elite athletes' genetic predisposition for altered risk of complex metabolic traits. *BMC Genomics.* 2015;23(16):25.

4. Noyes FR, Barber-Westin SD. ACL Injuries in the Female Athlete Causes, Impacts, and Conditioning Programs. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. 534 p.

5. Ренстрем П.А. Спортивные травмы. Основные принципы профилактики и лечения. Киев: Олимпийская литература. 2002. 378 с. / Renstrom PA. Sportivnie travmi. Osnovnye principii profilaktiki i lecheniya. Kiev, Olimpiyskaya literature. 2002. 378 p. (in Russian).

6. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014;48(21):1543-1552.

7. Von Porat A, Roos EM, Roos H. High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: a study of radiographic and patient relevant outcomes. *Ann Rheum Dis.* 2004;63(3):269-273.

8. Flynn RK, Pedersen CL, Birmingham TB, Kirkley A, Jackowski D, Fowler PJ. The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: a case control study. *Am J Sports Med.* 2005;33(1):23-28.

9. O'Connell K, Knight H, Ficek K, Leonska-Duniec A, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, Stepien-Slodkowska M, O'Cuinneagain D, van der Merwe W, Posthumus M, Cieszczyk P, Collins M. Interactions between collagen gene variants and risk of anterior cruciate ligament rupture. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(4):341-350.

10. Posthumus M, September AV, O'Cuinneagain D, Van der Merwe W, Schweltnus MP, Collins M. The COL5A1 gene is associated with increased risk of anterior cruciate ligament ruptures in female participants. *Am J Sports Med.* 2009;37(11):2234-2240.

11. Posthumus M, Collins M, van der Merwe L, O'Cuinneagain D, van der Merwe W, Ribbans WJ, Schweltnus MP, Raleigh SM. Matrix metalloproteinase genes on chromosome 11q22 and the risk of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(4):523-533.

12. Пушкарев В.П., Чмутов А.М., Дятлов Д.А., Деда-нов К.А., Пушкарева Ю.Э., Астапенков Д.С. Взаимосвязь между вариацией rs143383 GDF5 гена и разрывом передней крестообразной связки коленного сустава в Российской популяции // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2013. №12. С. 43-47. / Pushkarev VP, Chmutov AM, Dyatlov DA, Dedanov KA, Pushkareva YE, Astapenkov DS. Association between variation rs143383 in GDF5 gene and anterior cruciate ligament rupture of knee joint in Russian population. *Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina (Exercise Therapy and Sports Medicine).* 2013;(12):43-47. (in Russian).

13. Пушкарев В.П., Дятлов Д.А., Чмутов А.М., Деда-нов К.А., Пушкарева Ю.Э., Астапенков Д.С. Исследование связи между вариацией rs679620 MMP3 гена и разрывом передней крестообразной связки среди представителей европеоидной популяции Уральского региона России // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2014. Т.1, №1. С. 36-39. / Pushkarev VP, Dyatlov DA, Chmutov AM, Dedanov KA, Pushkareva YE, Astapenkov DS. Research of association between variation rs679620 in MMP3 gene and anterior cruciate ligament rupture in Caucasians of the Ural Region of Russia. *Nauchno-sportivniy vestnik Urala i Sibiri (Ural and Siberia Scientific and Sports Bulletin).* 2014;1(1):36-39. (in Russian).

14. Пушкарев В.П., Гречухин А.В., Дятлов Д.А., Ахметьянов Р.Р., Чмутов А.М., Пушкарева Ю.Э., Поляк Л.Н. Ассоциация вариации С677ТМТНFR гена с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2016. №4. С. 34-40. / Pushkarev VP, Grechukhin AV, Dyatlov DA, Akhmetyanov RR, Chmutov AM, Pushkareva YE, Pollyak LN. Association of variation С677Т (rs1801133) in МТНFR gene with anterior cruciate ligament rupture of knee joint. *Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina (Exercise Therapy and Sports Medicine).* 2016;(4):34-40. (in Russian).

15. Mannion S, Mtintsilana A, Posthumus M, van der Merwe W, Hobbs H, Collins M, September AV. Genes encoding proteoglycans are associated with the risk of anterior cruciate ligament ruptures. *Br J Sports Med.* 2014;48(22):1640-1646.

16. September AV, Cook J, Handley CJ, van der Merwe L, Schweltnus MP, Collins M. Variants within the COL5A1 gene are associated with Achilles tendinopathy in two populations. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):357-365.

17. Burger M, de Wet H, Collins M. The COL5A1 gene is associated with increased risk of carpal tunnel syndrome. *ClinRheumatol.* 2015;34(4):767-774.

18. Galasso O, Iaccino E, Gallelli L, Perrota I, Conforti F, Donato G, Gasparini G. Collagen type V polymorphism in spontaneous quadriceps tendon ruptures. *Orthopedics.* 2012;35(4):580-584.

19. Mienaltowski MJ, Birk DE. Structure, Physiology, and Biochemistry of Collagens. Chapter in the book «Progress in Heritable Soft Connective Tissue Diseases». Volume 802 of the series *Advances in Experimental Medicine and Biology.* Springer Netherlands. 2013:5-29.

20. Ensembl (2017). Available at: [www.ensembl.org](http://www.ensembl.org) (accessed 15 January 2017).

21. Wenstrup RJ, Florer JB, Davidson, JM, Phillips CL, Pfeiffer BJ, Menezes DW, Chervoneva I, Birk DE. Murine model of the Ehlers-Danlos syndrome. col5a1 haploinsufficiency disrupts collagen fibril assembly at multiple stages. *J Biol Chem.* 2006;281:12888-12895.

22. Laguette MJ, Abrahams Y, Prince S, Collins M. Sequence variants within the 3'-UTR of the COL5A1 gene alters mRNA

stability: implications for musculoskeletal soft tissue injuries. *Matrix Biol.* 2011;30(5-6):338-345.

#### Ответственный за переписку:

**Пушкарев Владимир Павлович** – научный сотрудник НИИ иммунологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, старший научный сотрудник лаборатории радиационной генетики ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России, к.м.н.

Адрес: 454048, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 68 А  
Тел. (раб): +7 (351) 778-08-16  
Тел. (моб): +7 (902) 602-52-05  
E-mail: [v.p.pushkarev@gmail.com](mailto:v.p.pushkarev@gmail.com)

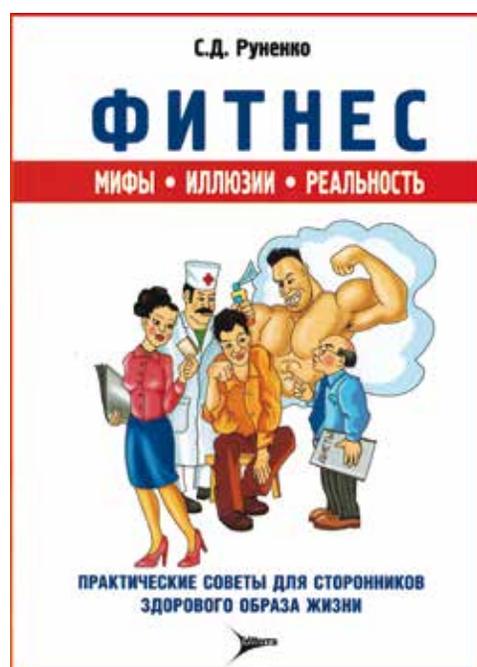
#### Responsible for correspondence:

**Vladimir Pushkarev** – M.D., Ph.D. (Medicine), Scientist of the Scientific Research Institute of Immunology of the South-Ural Medical University, Senior Researcher of the Laboratory of Radiation Genetics of the Ural Research Center of Radiation Medicine of the Federal Medical Biological Agency of Russia

Address: 68 A, Vorovskogo St., Chelyabinsk, Russia  
Phone: +7 (351) 778-08-16  
Mobile: +7 (902) 602-52-05  
E-mail: [v.p.pushkarev@gmail.com](mailto:v.p.pushkarev@gmail.com)

Дата направления статьи в редакцию: 15.04.2017  
Received: 15 April 2017

Статья принята к печати: 30.04.2017  
Accepted: 30 April 2017



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

Автор: С.Д. Руненко

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)