



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ЛУЖНИКИ



УЧРЕДИТЕЛЬ:

ОАО «Олимпийский комплекс «ЛУЖНИКИ»

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

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

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

Паралимпийский комитет России (ПКР)

Спортивная медицина: наука и практика

научно-практический журнал

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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) (*Гигиена*)*

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

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

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

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

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

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

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

Середа А.П. – д.м.н., профессор каф. восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины (курортологии и физиотера-

пии) Института повышения квалификации ФМБА России, зам. руководителя ФМБА России (Россия, Москва) (*Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия*)*

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

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

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

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



Founded by:
Olympic Complex «LUZHNIKI»

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

Sports Medicine: Research and Practice

research and practical journal

EDITOR-IN-CHIEF:

Evgeny Achkasov – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Director of the Clinic of Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Deputy Chairman of the Medical Committee of the Russian Football Union, Member of the Public Council of the Federal Service for Surveillance in Healthcare (Moscow, Russia)

ASSOCIATE EDITORS:

Boris Polyaev – 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)

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 Burtcher – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of Sports Medicine Section of the Institute of Sports Science of the University of Innsbruck (Innsbruck, Austria)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Areg Hovhannissyan – 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) (*Preventive Medicine*)*

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

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

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

Andrey Sereda – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Sports Medicine (Balneology and Physiotherapy) of the

Institute of Advanced Training of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Deputy Head of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia) (*Restorative Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy*)

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL:

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

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

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

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

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

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

Aleksandr 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)

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

РУБРИКИ ЖУРНАЛА:

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

Виды публикуемых материалов:

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

Издатель:

Р 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

Заведующая редакцией журнала:

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

Отдел подписки:

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

Отдел рекламы:

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

Сайт:

smjournal.ru
rusvrach.ru

Подписано в печать 20.03.2019
Формат 60х90/8
Тираж 1000 экз.
Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

Перепечатка опубликованных в журнале материалов допускается только с разрешения редакции. При использовании материалов ссылка на журнал обязательна. Присланные материалы не возвращаются. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. Редакция не несет ответственности за достоверность рекламной информации.

Журнал издается с 2011 года

Периодичность – 4 выпуска в год

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 90998

СОДЕРЖАНИЕ

Физиология и биохимия спорта

- С.Н. Ежов, А.В. Яцук, Т.П. Афиногенов, В.А. Синянский**
Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелётов на циркадианный ритм артериального давления спортсменов 5
- Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова, А.В. Жолинский**
Обмен карнитина в оценке состояния тканевой энергетики и физической работоспособности юных спортсменов 14

Функциональная диагностика

- О.В. Марандыкина, Ю.А. Матвеев**
Скрининг-диагностика нарушений осанки и контроль эффективности коррекционных фитнес-программ 21
- Е.В. Харламов, Н.М. Попова, И.Н. Жучкова, Л.Ф. Сафонова, Л.В. Веселова**
Антропометрические и функциональные показатели спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле 28

Спортивное питание

- Р.М. Раджаббадиев, О.А. Вржесинская, В.М. Коденцова**
Об использовании витаминов в питании спортсменов 33
- Е.Ю. Сорокина, А.В. Погожева, Д.Б. Никитюк**
Изучение ассоциации полиморфизма генов с питанием и пищевым статусом спортсменов-единоборцев 40
- Т.А. Пушкина, С.П. Левушкин, М.И. Малахов, В.Д. Сонькин**
Влияние курсового приема супероксиддисмутазы на параметры аэробной и анаэробной производительности квалифицированных спортсменов 47
- Э.С. Токаев, Т.А. Пушкина, Е.А. Некрасов, А.А. Хасанов, А.В. Коромыслов**
Разработка и доклинические исследования продукта «Фит Тонус» для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов 55

Реабилитация

- Н.В. Булякова, В.С. Азарова**
Цитогенетические нарушения в клетках тимуса как возможный побочный эффект при комбинированной лазеротерапии скелетных мышц (экспериментальное исследование) 65
- А.В. Михалева, А.Г. Куликов, И.Н. Макарова, А.В. Докторов, Е.Е. Пахомова**
Реабилитационная методика применения лечебной гимнастики и пелоидотерапии в восстановлении пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе 73

Организация медицины спорта

- А.В. Мелехов, М.А. Мелехова**
Опыт использования открытых данных спортивной социальной сети для анализа результатов Московского марафона 2017 года 80

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
eLIBRARY.RU

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОНТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

FEATURED TOPICS:

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

TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:

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

Publisher:

Р «Russkiy Vrach»
Publishing House
6 - 3d Frunzenskaya St., Moscow, Russia
119270
Phone: +7 (499) 248-08-21
E-mail: info@rusvrach.ru

Managing editor:

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

Subscription department:

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

Advertising department:

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

Websites:

smjournal.ru
rusvrach.ru

Subscribed into printing 20 March 2019
60x90 / 8 Format
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

Overprinting of published in the journal materials is prohibited without permission of chief editor. In use of the materials the reference to journal is obligatory. Received papers and other materials are not subject to be returned. The authors view point may not coincide with editorial opinion. Editorial office is not responsible for accuracy of advertising information.

Published since 2011

4 issues per year

«Russian Press» catalog index 90998

CONTENTS

Sports Physiology and Biochemistry

- Sergey N. Ezhov, Anna V. Yaschuk, Timofey P. Afinogenov, Vladimir A. Sinyansky*
Influence of desynchronizing effects of transmeridian flights on the circadian rhythm of sportsmen arterial pressure 5
- Natalia V. Rylova, Alina A. Biktimirova, Andrey V. Zholinsky*
Carnitine exchange in the assessment of tissue energetics and physical performance of young athletes 14

Functional Testing

- Oksana V. Marandykina, Yury A. Matveev*
Screening-diagnostics of posture disorders and performance management of correctional fitness programs 21
- Evgeny V. Kharlamov, Nina M. Popova, Irina N. Zhuchkova, Lyudmila F. Safonova, Lyudmila V. Veselova*
Anthropometric and functional characteristics of athletes involved in combat sports in the Greco-Roman style 28

Sports Supplements

- Radzhabkadi M. Radzhabkadiyev, Oksana A. Vrzhesinskaya, Vera M. Kodentsova*
On the use of vitamins in the nutrition of professional athletes 33
- Elena Yu. Sorokina, Alla V. Pogozheva, Dmitriy B. Nikityuk*
Study of Association of gene polymorphism with nutrition and nutritional status of martial arts athletes 40
- Tatyana A. Pushkina, Sergey P. Levushkin, Maksim I. Malachov, Valentin D. Sonkin*
Influence of course reception of superoxide dismutase on the parameters of aerobic and anaerobic performance of qualified athletes 47
- Enver S. Tokaev, Tatiana A. Pushkina, Evgeniy A. Nekrasov, Adam A. Khasanov, Aleksandr V. Koromyslov*
Development and preclinical research of a product «Fit Tonus» for correction of a psychophysiological state and neuromuscular transfer in highly skilled athletes 55

Rehabilitation

- Nelly V. Bulyakova, Valentina S. Azarova*
Cytogenetic abnormalities in thymus cells as a possible side effect of combined skeletal muscle laser therapy (experimental study) 65
- Alina V. Mikhaleva, Alexander G. Kulikov, Irina N. Makarova, Alexey V. Doktorov, Ekaterina E. Pakhomova*
Therapeutic gymnastics and pelotherapy in physical rehabilitation of patients after arthroscopic surgery on the shoulder joint 73

Sports Medicine Management

- A.V. Melekhov, M.A. Melekhova*
Experience of using of sport social network open data for Moscow marathon 2017 results analysis 80

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
eLIBRARY.RU

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

SIB
Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелётов на циркадианный ритм артериального давления спортсменов

С.Н. Ежов¹, А.В. Ящук², Т.П. Афиногенов¹, В.А. Синянский¹

¹Владивостокский филиал ФГКОУ ВО Дальневосточного юридического института, Министерство внутренних дел РФ, г. Владивосток, Россия

²Владивостокский филиал ООО «Клиника лечения боли», г. Владивосток, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: рассмотреть особенности и длительность фазово-амплитудных изменений в циркадианных ритмах систолического (АДс) и диастолического артериального давления (АДд) у спортсменов в контрастных временных регионах на модели перелёта с востока на запад через 7 часовых поясов. **Материалы и методы:** обследованы 36 мужчин-легкоатлетов 1-2 разряда в возрасте 20-24 лет. Регистрацию АД осуществляли в 07, 11, 15, 19, 23 ч. местного времени в «домашних» условиях и 28 суток после перелётов в регионы московского часового пояса. В основе методики использовалось графическое представление материала. На «домашнюю» периодограмму накладывали графики биоритмов в новых временных условиях, что позволяло оценивать фазово-амплитудные изменения хронограмм и выяснять, когда произойдет повторяемость рисунков, т.е. адаптация системного АД к геосоциальным изменениям среды. **Результаты:** до последнего 28 дня исследования сохранялась инверсная деформация суточных графиков АДс, АДд, достоверное снижение уровня АДс и пульсового давления (гипотензивный эффект), повышение уровня АДд, увеличение амплитуды колебаний показателей. **Выводы:** изменения циркадианного ритма АД у спортсменов в регионах с 7-ми часовой разницей выходили за рамки месяца исследований, что свидетельствовало о незавершенной адаптации гемодинамической системы, функционирование которой обеспечивалось более затратным, невыгодным для организма физиологическим механизмом, ухудшающим эффективность работы сердца и в состоянии покоя.

Ключевые слова: спортсмены, трансмеридианные перелёты, контрастные геосоциальные условия, циркадианный ритм, артериальное давление, фазово-амплитудные изменения, хроноадаптация

Для цитирования: Ежов С.Н., Ящук А.В., Афиногенов Т.П., Синянский В.А. Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелётов на циркадианный ритм артериального давления спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 5-13. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.5.

Influence of desynchronizing effects of transmeridian flights on the circadian rhythm of sportsmen arterial pressure

Sergey N. Ezhov¹, Anna V. Yaschuk², Timofey P. Afinogenov¹, Vladimir A. Sinyansky¹

¹Vladivostok Branch of the Far Eastern Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Vladivostok, Russia

²Vladivostok Branch of the Clinic for Pain Treatment LLC, Vladivostok, Russia

ABSTRACT

Objective: to examine the characteristics and duration of phase-amplitude changes in circadian systolic rhythms (ADS) and diastolic blood pressure (ADD) in athletes in contrasting time regions on a east-west flight model in 7 time zones. **Materials and methods:** the registration of blood pressure was carried out at 07, 11, 15, 19, 23 hours of local time in «home» conditions and 28 days after the flights to the regions of the Moscow time zone. The methodology was based on a graphic representation of the material. Biorhythm graphs were imposed on the «home» periodogram in new temporal conditions, which made it possible to evaluate the phase-amplitude changes in the chronograms and find out when the patterns would repeat, i.e. adaptation of systemic blood pressure to geo-social changes in the environment. **Results:** it was shown that until the last 28th day of the study, the inverse deformation of the daily schedules of the BPA, BPA, a significant decrease in the BPA and pulse pressure (hypotensive effect), an increase in the BPA, an increase in the amplitude of fluctuations of the indicators remained. **Conclusions:** changes in the circadian rhythm of blood pressure in athletes in the regions with a 7-hour difference went beyond the month of research, indicating an incomplete adaptation of the hemodynamic system, which functioning was provided by a more costly, unprofitable for the body physiological mechanism that impairs the efficiency of the heart and at rest.

Key words: athletes, transmeridian flights, contrasting geosocial conditions, circadian rhythm, blood pressure, phase-amplitude changes, chronoadaptation

For citation: Ezhov SN, Yaschuk AV, Afinogenov TP, Sinyansky VA. Influence of desynchronizing effects of transmeridian flights on the circadian rhythm of sportsmen arterial pressure. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):5-13. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.5.

1.1 Введение

Фактор временных контрастов в географии крупнейших российских и международных соревнований приобретает всё большее значение, при этом сохранение высокого уровня дееспособности спортсменов для выполнения задач в инвертированном режиме «сон-бодрствование» остаётся важнейшей проблемой.

Трансмеридианные авиаперемещения сопряжены с резким сдвигом геофизических и социальных «задавателей» времени, что вызывает неизбежное изменение всех временных масштабов, в которых существует человеческий организм [1-4]. Вместе с тем, любые отклонения от нормального хода биоритма приводят к нарушению в работе всего организма. Связь нормальной жизнедеятельности организма с сохранностью присущей ему суточной ритмичностью функций подкреплена многочисленными наблюдениями [5-8]. Именно поэтому, как в изучении вопросов адаптации, так и для выявления ранних форм «неблагополучия» организма, существенное значение приобретают исследования нарушений временных соотношений в работе отдельных органов и систем [9-13].

Под этим углом зрения в статье рассматривается влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных авиаперемещений с востока на запад через 7 часовых поясов на фазово-амплитудную структуру циркадианных ритмов систолического (АДс) и диастолического артериального давления (АДд) у спортсменов, достаточно полно отражающих состояние сердечнососудистой системы.

В исследовании участвовали мужчины-легкоатлеты Приморского края 1-2 разряда. Регистрация АД осуществляли в 07, 11, 15, 19, 23 ч. местного времени в «домашних» условиях и 28 суток после перелетов в регионы московского часового пояса. В основе методического решения поставленных задач использовалось графическое представление материала. На «домашнюю» периодограмму накладывали графики биоритмов в новых временных условиях, что позволяло оценивать фазово-амплитудные изменения хронограмм и выяснять, когда произойдет повторяемость рисунков, т.е. адаптация системного АД к геосоциовременным изменениям среды.

Как показали результаты наблюдений, до последнего 28 дня пребывания спортсменов в новой временной зоне сохранялась инвертированная деформация суточных хронограмм АДс, АДд, достоверное снижение уровня АДс и пульсового давления (гипотензивный эффект), повышение уровня АДд, увеличение амплитуды колебаний (размаха «максимум-минимум») показателей на шкале времени и подавляющее количество достоверных изменений абсолютных значений ритмики. Это свидетельствовало о продолжении «модулирующей реакции организма в обеспечении совершенного адаптивного поведения», о незавершенной адаптации гемодинамической системы, функционирование которой обеспечивалось более затратным, невыгодным для организма

физиологическим механизмом, ухудшающим эффективность работы сердца и в состоянии покоя. Таким образом, длительность нормализации циркадианного ритма АД у спортсменов в регионах с 7-ми часовой разницей выходила за рамки почти месяца исследований и, следовательно, работа сердечнососудистой системы обеспечивалась ценой избыточного напряжения, необходимого для мобилизации функциональных резервов и в обычных условиях остающиеся нетронутыми.

Актуальность. Десинхронизация биоритмов является наиболее ранним признаком «неблагополучия» организма, его отдельных органов и систем. Это определяет актуальность всестороннего изучения хронофизиологических аспектов миграционных процессов в комплексной диагностике и коррекции готовности спортсменов к выполнению задач в контрастных геосоциовременных регионах. Так открытыми остаются вопросы фазово-амплитудных изменений в циркадианных ритмах инертных физиологических показателей, к которым относится и системное АД, достаточно полно отражающее состояние сердечнососудистой системы. В доступной литературе мы не встретили исследований циркадианного ритма АД у спортсменов-мигрантов в периоды десинхроноза, что требуют своего решения.

Цель исследования – рассмотреть особенности и длительность фазово-амплитудных изменений в циркадианных ритмах систолического и диастолического АД у спортсменов в контрастных временных регионах на модели трансмеридианного перелета с востока на запад через 7 часовых поясов.

1.2 Материалы и методы

Сбор и оценка биоритмических материалов осуществлялась в соответствии с требованиями к хронофизиологическим исследованиям [14]. Наблюдения проводились в г.Владивостоке и в европейских регионах страны с поясно-временными различиями 7 часов. В исследовании участвовало 36 мужчин – легкоатлетов 1-2 разряда в возрасте от 20 до 24 лет, прошедших врачебно-физкультурную диспансеризацию. Регистрацию АД осуществляли в 07, 11, 15, 19 и 23 ч. местного времени. Набор материала в «домашних» условиях длился две недели, после перелета – 28 суток. На обоих этапах учебно-тренировочных сборов спортсмены участвовали в соревнованиях или выполняли двухразовые тренировки в 11:30 и 16 часов с утренней разминкой в 7:30 ч. Измерения АД проводились методом Короткова. Показатели регистрировали после 10 минут пребывания в положении сидя с точностью до 1 мм.рт.ст. Для решения поставленных задач использовался метод графического представления материала (С.И. Степанова, 1974). На «домашнюю» периодограмму накладывались графики биоритмов в новых временных условиях. При сравнении хронограмм анализировали: конфигурацию графиков, положение и величину акрофаз максимума и минимума на временной шкале, амплитуду (разность «максимум – мини-

мум») или величину размаха, среднедневной уровень АДс и АДд. Результаты каждого часа исследований статистически обрабатывались с оценкой, достоверности полученных данных. Графики позволяли рассматривать амплитудно-фазовые изменения хронограмм и выяснять, когда произойдет повторяемость рисунков, т.е. нормализация циркадианной организованности биоритмов АД в структурном обеспечении гомеостаза и, следовательно, адаптация сердечнососудистой системы к геосоциовременным изменениям среды.

1.3 Результаты и их обсуждение

Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелетов на циркадианную динамику и структуру фазово-амплитудных характеристик АД у спортсменов представлено на рисунках 1, 2 и таблице.

Как видно на рисунке 1-А,Ж, хронограммы АДс и АДд в привычных геосоциовременных условиях характеризовались волнообразной направленностью с подъемом показателей от утренних к вечерним часам и снижением к ночным по классической форме суточной периодичности функций Моссо. Максимальные акрофазы ритмов отмечались в 19, минимальные – в 7 часов. Среднедневной уровень АДс соответствовал $113,0 \pm 0,11$, АДд – $8,4 \pm 0,08$ и пульсовое давление (ПД) – $44,6 \pm 0,08$ мм рт. ст. (табл.). Амплитуда (разность «максимум–минимум») АДс равнялась $4,0 \pm 1,74$, АДд – $3,0 \pm 1,13$ мм рт. ст. Таким образом, относительная стабильность фазово-амплитудных характеристик и абсолютных значений на суточных графиках АДс и АДд в «домашнем» режиме жизнедеятельности свидетельствовали об экономичности функционирования и высокой адаптивности сердечнососудистой системы спортсменов к средовым факторам.

В первые три дня после перелета в регионы с 7-ми часовой разницей конфигурация графика АДс (рис. 1-Б) не отличалась от контрольного. При этом наблюдалось достоверное уменьшение абсолютной величины минимальной акрофазы в 7 часов с тенденцией уменьшения дневных и вечерних показателей функции, а также снижение среднедневного уровня АДс ($p < 0,01$). Амплитуда (разность «максимум–минимум») АДс увеличилась на 25%. Суточный график АДд относительно напоминал исходный (рис. 1-З), но со смещением фазы максимального подъема ритма с 19 на 15 часов, что, относительно, соответствовало временной разнице пункта вылета и прилета. Числовые значения на шкале времени, среднедневной уровень и величина размаха «максимум–минимум» ритма АДд значимо не отличались от «домашних» характеристик. В среднедневном показателе ПД наблюдалась тенденция к снижению.

Следовательно, в начальный (внешний) период десинхроноза относительная неизменчивость конфигурации графиков и несущественные отличия подавляющего большинства характеристик циркадианных ритмов АДс и АДд с контролем отражали инертность реакции механизмов регулирования системного АД на воздействие резко измененных геосоциовременных условий.

На 4-6-й день развернутого (внутреннего) десинхроноза (рис. 1-В, 1-И) последовала инвертированная направленность суточных графиков АДс и АДд: смещение максимальных акрофаз с 19-ти на 7 часов и фаз минимального снижения ритмов на дневное время с существенным увеличением их абсолютных значений ($p < 0,05; 0,001$). Амплитуда (размах «максимум–минимум») ритмов АДс и АДд выросла на 75%-300% соответственно. В среднедневном уровне АДс наблюдалась тенденция к снижению, напротив, в среднедневном уровне АДд установлено достоверное повышение ($p < 0,001$). ПД снизилось с $44,6 \pm 0,08$ до $40,6 \pm 0,11$ мм рт. ст. ($p < 0,01$). Выявленное извращение характеристик суточного ритма АД в развернутый период десинхроноза подтверждало мнение В.И.Макарова (1989) о том, что реакция тревоги общего адаптационного синдрома (внутренний десинхроноз) наиболее ярко проявляется в инверсии циркадианных ритмов ведущих функций организма.

Данные рис. 1-Г,Д,Е и рис. 1-К,Л,М показывают, что с 8-го по 12-й и 26-28-й день инвертированного режима «сон-бодрствование» продолжала проследиваться деформация суточных хронограмм АД: «блуждание» акрофаз ритма АДс по шкале времени, безоговорочная инверсия периодики АДд и подавляющее количество достоверных изменений абсолютных значений ритмики в последние дни почти месяца исследований. Это свидетельствовало о неустойчивости (сохранении десинхронизации) циркадианного ритма АД, и, следовательно, о нарушении эффективности координации системного кровотока и микроциркуляции.

Особое внимание на протяжении 28-ми дней после перелета (рис. 2) обращало существенное снижение среднедневного уровня АДс ($p < 0,001$) и ПД (0,01), отражающее ослабление эффективности сократительной функции миокарда, что ведет к гипотензивной реакции. Так, по данным Б.И. Ткаченко (1976) уменьшение сердечного выброса при ослаблении сократительной функции миокарда приводит к снижению уровня АД. Дальнейшие приспособительные механизмы связаны со сдвигами сопротивления сосудов, повышение которого поддерживает АД на относительно постоянном уровне. Если же повышение периферического сопротивления оказывается недостаточным для возмещения возникшего снижения минутного объема сердца, то устанавливается длительная гипотония. Во многом аналогичный результат был получен ранее Б.С. Кулаевым (1972). Выяснилось, что слабое раздражение рецепторов сердца вызывает повышение АД, а более сильное – его понижение. В случае сверхсильных раздражителей реакция носит обычно двухфазный характер (первоначальное снижение АД сменяется его повышением). Все эти данные лишней раз заставляют учитывать, что контрастная смена временных зон является существенным триггером, тем более с учетом, что сама психофизическая напряженность спортивной деятельности и возможные климатопогодные контрасты регионов соревнований способствуют понижению АД.

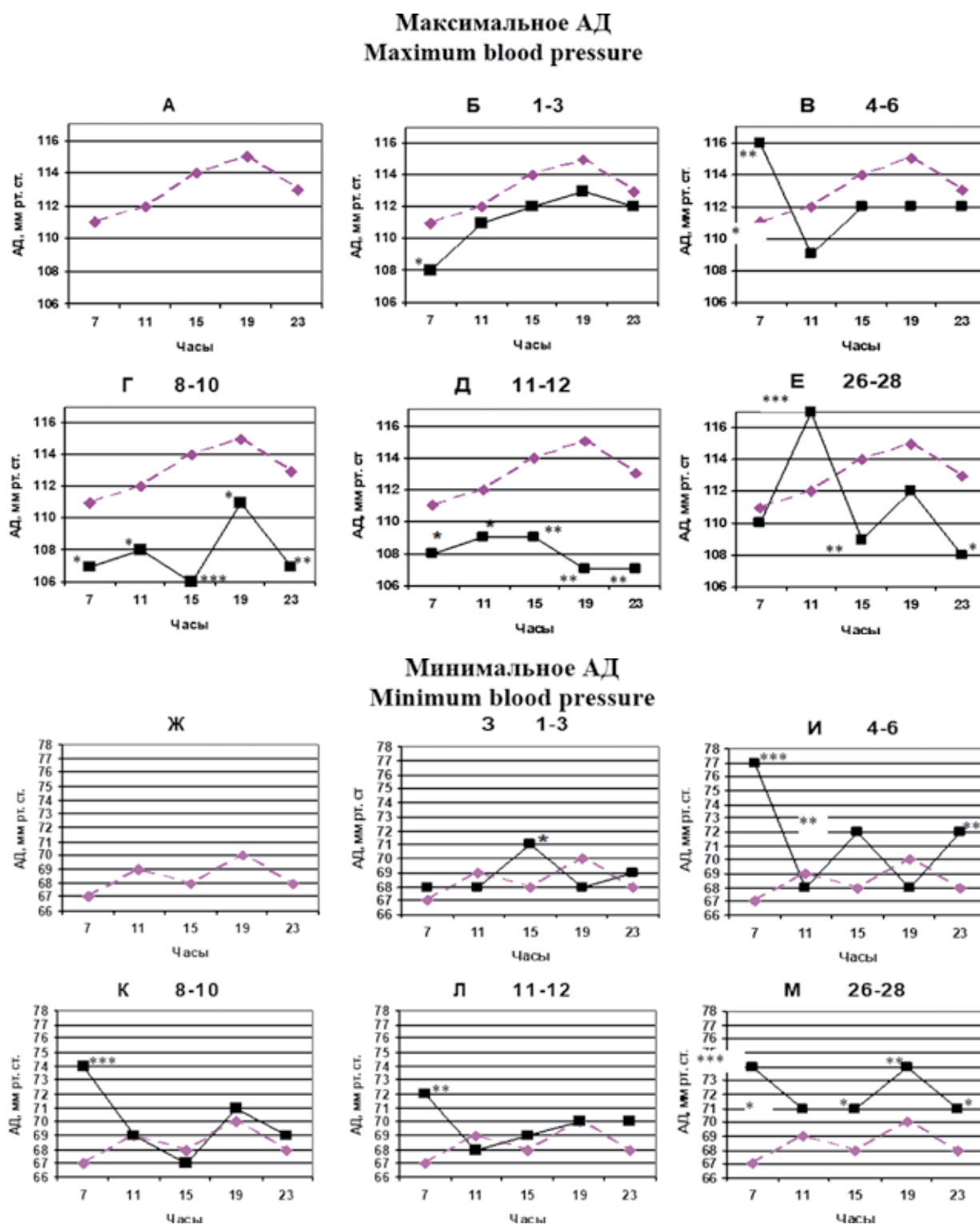


Рис. 1. Циркадианный ритм артериального давления спортсменов после перелета с востока на запад через 7 часовых поясов ($n=36$; * – $p<0.05$; ** – $p<0.01$; *** – $p<0.001$)

Пунктир – до перелета, сплошная линия – после перелета; по горизонтали – местное время (в часах), по вертикали – артериальное давление (в мм рт.ст.). В правом верхнем углу – дни после перелета, в рамках которых проводилось усреднение; А-М – последовательность представления рисунков

Pic. 1. Circadian rhythm of blood pressure of athletes after a flight from east to west through 7 time zones ($n = 42$; * – $p<0.05$; ** – $p<0.01$; *** – $p<0.001$)

The dotted line is before the flight, the solid line is after the flight; horizontal – local time (in hours), vertical – blood pressure (in mm Hg). In the upper right corner there are days after the flight, within which averaging was performed; AM – the sequence of presentation of drawings

Таблица

Циркадианный ритм максимального и минимального артериального давления у спортсменов до и после трансмеридианного перелета с востока на запад через 7 часовых поясов (в мм рт. ст.; n = 36)

Table

Circadian rhythm of maximum and minimum blood pressure in athletes before and after the trans-meridian flight from east to west through 7 time zones (in mm Hg; n = 36)

Время исследования (час)/ Time research (hour)	До перелёта/ Before flight, М±м		Дни после перелёта, М±м/Days after the flight											
			1-3		4-6		8-10		11-12		26-28			
	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP	Макс. АД/ Max BP	Мин. АД/ Min BP		
7	111,0±0,53	67,0±0,80	108,0±1,27 p = 0,05	68,0±2,20	116,0±1,91 p < 0,01	77,0±1,70 p < 0,001	107,0±1,85 p < 0,05	74,0±1,54 p < 0,001	108,0±1,73 p = 0,05	72,0±1,38 p < 0,01	110,0±1,73	74,0±1,38 p < 0,001		
11	112,0±0,58	69,0±0,58	111,0±2,08	68,0±2,43	109,0±1,65 p = 0,05	68,0±0,66	108,0±1,54 p < 0,05	69,0±1,54	109,0±1,73 p = 0,05	68,0±1,04	117,0±2,32 p < 0,001	71,0±1,93 p = 0,05		
15	114,0±0,80	68,0±0,80	112,0±2,08	71,0±1,38 p < 0,05	112,0±2,46	72,0±1,60 p = 0,01	106,0±1,36 p < 0,001	67,0±1,33	109,0±1,04 p < 0,01	69,0±1,38	109,0±0,95 p < 0,01	71,0±0,95 p < 0,05		
19	115,0±1,65	70,0±0,83	113,0±2,20	68,0±2,57	112,0±1,02	69,0±1,31	111,0±1,07 p < 0,05	71,0±1,07	107,0±1,98 p < 0,01	70,0±1,98	112,0±1,68	74,0±1,35 p < 0,01		
23	113,0±1,30	68,0±0,78	112,0±2,20	69,0±2,20	112,0±1,91	72,0±1,27 p < 0,01	107,0±1,75 p < 0,01	69,0±0,87	107,0±0,95 p < 0,01	70,0±0,95	108±1,82 p < 0,05	71,0±1,04 p < 0,05		
Среднедневной уровень/ Average daily level	113,0±0,11	68,4±0,08	111,2±0,14 p < 0,01	68,8±0,06	112,0±0,19	71,6±0,25 p < 0,001	107,8±0,14 p < 0,001	70,0±0,19 p < 0,05	108,0±0,05 p < 0,001	69,0±0,11	111,2±0,25 p < 0,01	72,2±0,08 p < 0,001		
Амплитуда (размах «максимум-минимум»)/Amplitude (maximum-minimum span)	4,0±1,74	3,0±1,13	5,0±2,31	3,0±2,4	7,0±1,26	9,0±1,82	5,0±1,72	7,0±1,76	2,0±1,40	4,0±1,31	9,0±2,93	3,0±1,67		
Среднедневное пульсовое давление/ Average daily pulse pressure	44,6±0,08		42,4±0,14		40,6±0,11 p < 0,01		37,8±0,19 p < 0,001		38,2±0,11 p < 0,001		39,0±0,25 p < 0,001			

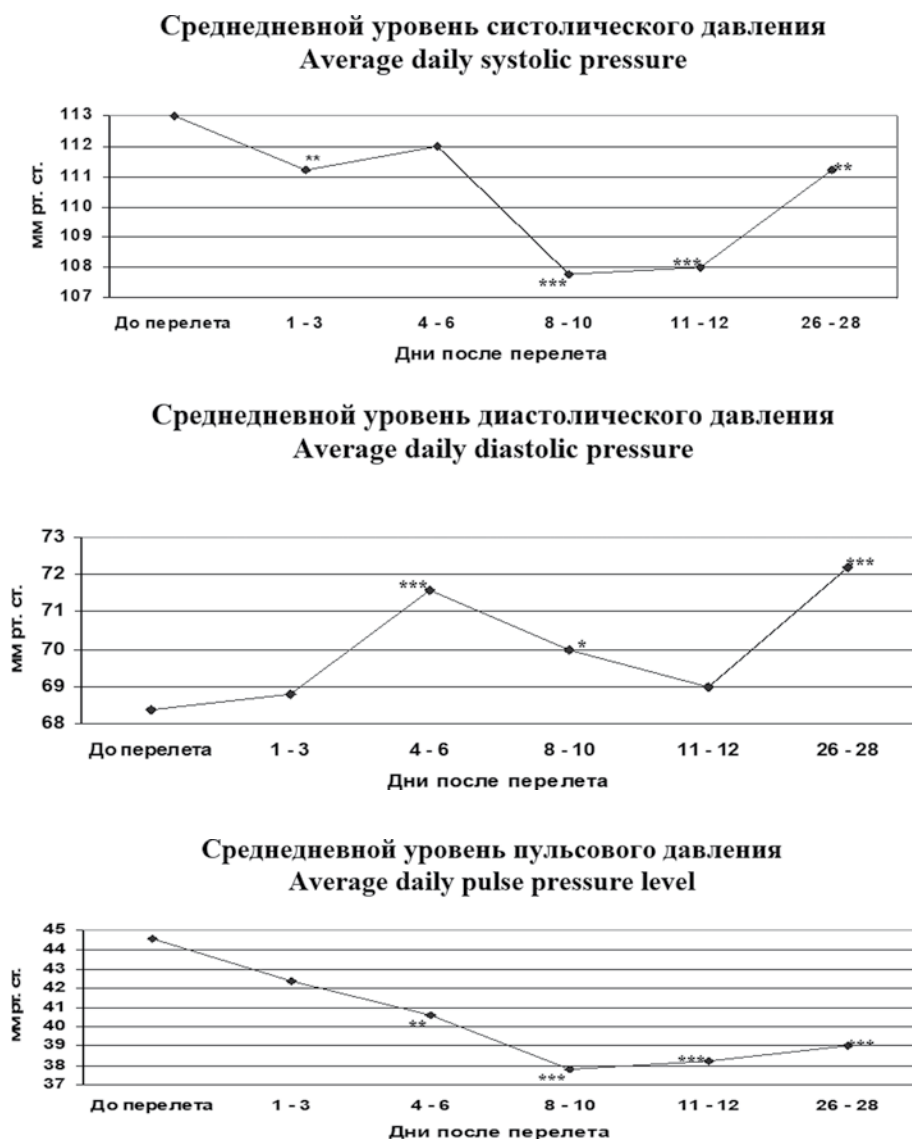


Рис. 2. Среднедневной уровень систолического, диастолического и пульсового давления у спортсменов до и после перелета в западном направлении через 7 часовых поясов (n=36); *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Pic. 2. The average daily level of systolic, diastolic and pulse pressure in athletes before and after the flight in a westerly direction through 7 time zones (n = 36); * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

О снижении эффективности в работе сердечной мышцы и возросших энергетических затратах организма до последнего дня исследования позволял судить (рис. 2) и повышенный уровень АДд ($p<0,001;0,01$). В тоже время, амплитуды (разность «максимум-минимум») суточных колебаний АДс и АДд превышали показатели в привычных условиях в 1,25-2,25 и в 1,3-3,0 раза соответственно, что отражало активацию системы («сопряженность физиологических механизмов регуляции в формировании адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы и преобладание симпатических влияний»). Как правило, симпатический отдел включается в регуляцию системы кровообращения только в чрезвычайных ситуациях: при больших физических и психических нагрузках. В нормальных условиях существования

парасимпатический отдел вполне способен обеспечить ускорительные и тормозные влияния на сердце, взаимодействуя с сердечными регуляторными механизмами [15]. В нашем случае присутствует влияние на спортсменов-мигрантов как контрастных геосоциовременных факторов, так и повышенных психофизических напряжений, связанных с высокой мотивацией достижения успеха.

Отметим, что изменения АД не могут рассматриваться в отрыве от регуляции других функциональных проявлений. Сдвиги системного давления и тонуса сосудов сопряжены с деятельностью целостного организма в данный момент. Так, в результатах исследований А.В. Вальдмана (1976) воздействия, вызывающие вазомоторные сдвиги, одновременно изменяют функцию дыхания,

работу сердца и отражаются на физической и тонической деятельности скелетной мускулатуры. По данным наших предыдущих работ с изменениями суточного ритма АД коррелируют и изменения ритмики физиологических показателей, объединенных системой общей временной организации (частоты сердечных сокращений, терморегуляции, частоты дыхания), нормализация которых после перелёта через 7 часовых поясов выходит также за рамки 28 суток [16, 17].

Таким образом, совокупность представленных данных свидетельствует о напряжении стрессового воздействия контрастной смены геосоциовременных условий (внутреннего десинхроноза) на циркадианный ритм кровяного давления и, соответственно, о снижении эффективности работы сердечнососудистой системы спортсменов до последнего 28-го дня пребывания в регионах с временной разницей 7 часов. Аналогичные результаты были получены нами и при исследовании реакции гемодинамических показателей на стандартные физические нагрузки, длительность нормализации которых выходила за рамки 40 суток наблюдений [18].

1.4 Выводы

Приведенные данные показывают, что в «домашних» геосоциовременных условиях наблюдалась относительная стабильность циркадианных колебаний фазово-амплитудных параметров АДс и АДд, что свидетельствовало об экономичности функционирования и высокой адаптивности сердечнососудистой системы спортсменов к привычным средовым факторам.

После перелётов через 7 часовых поясов в начальный (внешний) период десинхроноза наблюдалась инертность реакции суточной ритмики характеристик АД, что проявлялось в первые 3-и дня хроноадаптации относительной неизменчивостью конфигурации графиков и несущественными отличиями большинства характеристик циркадианной периодики АДс и АДд от контроля. В период развернутого (внутреннего) десинхроноза выявлялись существенные изменения суточных графиков АДс и АДд. Это выражалось с 4-го до последнего

28-го дня исследований деформацией хронограмм АДс, безоговорочной инверсией периодики АДд, миграцией акрофаз ритма АДс, АДд по шкале времени, достоверным снижением уровня АДс и пульсового давления (гипотензивным эффектом), повышением уровня АДд, увеличением амплитуды колебаний показателей и подавляющим количеством достоверных изменений абсолютных значений ритмики в последние дни смены временной зоны.

Таким образом, нормализация циркадианного ритма АД выходила за рамки 28 суток исследований. Это свидетельствовало о продолжении «модулирующей» реакции организма в обеспечении совершенного адаптивного поведения», о незавершенной адаптации гемодинамической системы, функционирование которой обеспечивалось более затратным, невыгодным для организма физиологическим механизмом, снижающим эффективность координации системного кровообращения и микроциркуляции. Т.е. деятельность системы кровообращения обеспечивалась ценой избыточного напряжения, необходимого для мобилизации функциональных резервов и в обычных условиях остающиеся нетронутыми. Важно учитывать, что подобное состояние вазомоторных сдвигов отражается на всех других функциях организма и его системах вследствие снижения объёма доставки крови к органам и тканям.

Рассмотренная реакция циркадианной периодичности АД, отражающая своеобразную «плату» за специфику деятельности спортсменов в инвертированном режиме сна-бодрствования, дополняет понимание приспособительных механизмов организма в периоды десинхроноза. Практическое значение исследования связано с изменениями в работе отдельных систем организационно-временного гомеостаза, что позволяет на основе анализа индивидуальных биоритмов вносить коррективы в длительность хроноадаптации и управление тренировочным процессом в контрастных временных регионах для достижения в главных соревнованиях запланированного результата.

Список литературы

1. Быков А.Т., Чернышев А.В., Дроздова В.М. Профилактика и лечение десинхронозов // Курортная медицина. 2018. №3. С. 3-13.
2. Иорданская Ф.А. Функциональная подготовленность волейболистов: диагностика, механизмы адаптации, коррекция симптомов дизадаптации. Подготовка женских и мужских команд к соревнованиям. М.: Спорт, 2016. 176 с.
3. Жолинский А.В., Кавелина В.С., Комаревцев В.Н., Мирошникова Ю.В., Оганнисян М.Г., Пирושкин В.П., Пушкина Т.А., Разумец Е.И., Фещенко В.С. Десинхроноз (джетлаг, синдром смены часовых поясов). Особенности современных методов лечения у спортсменов // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т.61, №3. С. 150-9.
4. Грушин А.А., Яшина Е.Р., Абрамова Т.Ф. Информативные маркёры временной адаптации высококвалифицирован-

References

1. Bykov AT, Chernyshev AV, Drozdova VM. Prevention and treatment of desynchronosis. Spa medicine. 2018;(3):3-13. Russian.
2. Iordan FA. Functional preparedness of volleyball players: diagnostics, adaptation mechanisms, correction of maladaptation symptoms. Preparing women's and men's teams for competitions. Moscow, Sport, 2016. 176 p. Russian.
3. Zholinsky AV, Kavelina VS, Komarevtsev VN, Miroshnikova YuV, Ogannisyan MG, Pirushkin VP, Pushkina TA, Razumets EI, Feschenko VS. Desynchronosis (jetlag, jet lag). Features of modern methods of treatment in athletes. Medicine of extreme situations. 2017;61(3):150-9. Russian.
4. Grushin AA, Yashina ER, Abramova TF. Informative markers of the temporary adaptation of highly skilled skiers-racers

ных лыжников-гонщиков в предсоревновательной и соревновательной подготовке при перелётах на восток // Теория и практика физической культуры. 2018. №8. С. 58-60.

5. **Suliman Khan, Pengfei Duan, Lunguang Yao, Hongwei Hou.** Shiftwork-Mediated Disruptions of Circadian Rhythms and Sleep Homeostasis Cause Serious Health Problems // International Journal of Genomics. 2018. DOI: 10.1155/2018/8576890.

6. **Mary Seeman.** Travel Risks for Those With Serious Mental Illness // International Journal of Travel Medicine and Global Health. 2016. Vol.4, №3. P. 76-81. DOI: 10.21859/ijtmgh-040302.

7. **Azka Hassan, Jamil Ahmad, Hufsah Ashraf, Amjad Ali** Modeling and analysis of the impacts of jet lag on circadian rhythm and its role in tumor growth // Peer J. 2018. №6. e:4877. DOI: 10.7717/peerj.4877.

8. **Hui-Hsien Lin, Michelle E. Farkas.** Altered Circadian Rhythms and Breast Cancer: From the Human to the Molecular Level // Frontiers in Endocrinology. 2018. №9. DOI: 10.3389/fendo.2018.00219.

9. **Панченко А.В., Губарева Е.А., Анисимов В.Н.** Роль циркадианных ритмов и «клеточных часов» в развитии заболеваний, ассоциированных с возрастом // Успехи геронтологии. 2016. №3. С. 32-8.

10. **Jessica M Ferrell, John YL.** Circadian rhythms in liver metabolism and disease // Chiang Acta Pharmaceutica Sinica B. 2015. Vol.5, №2. P. 113-22. DOI: 10.1016/j.apsb.2015.01.003.

11. **Tom Deboer.** Sleep homeostasis and the circadian clock: Do the circadian pacemaker and the sleep homeostat influence each other's functioning? // Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms. 2018. №5. P. 68-77.

12. **Erhan Akinci, Fatma Ozlem Orhan.** Circadian Rhythm Sleep Disorders // Psikiyatri Guncel Yaklasimlar. 2016. Vol.8, №2. P. 178-89. DOI: 10.18863/pgy.81775.

13. **Cissé YM, Nelson RJ.** Consequences of circadian dysregulation on metabolism // Chrono Physiology and Therapy. 2016. Vol. 6. P. 55-63.

14. **Катинас Г.С., Яковлев В.А.** Организация биоритмических исследований // Хронобиология и хрономедицина. 1989. С. 45-51.

15. **Гребнева Н.Н.** Функциональные резервы и формирование детского организма в условиях Западной Сибири: Автореф. дис. докт. биол. наук. Томск, 2001. 46 с.

16. **Ежов С.Н., Ящук А.В., Кравцов С.В.** Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелетов на циркадианный ритм терморегуляции // Физическая культура, спорт – наука и практика. 2018. №2. С. 80-7.

17. **Ежов С.Н., Ящук А.В., Каленик Р.С.** Влияние десинхронизирующих эффектов трансмеридианных перелётов на циркадианный ритм сердечных сокращений спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2018. №3. С. 45-51.

18. **Ежов С.Н., Романов Р.В., Афиногенов Т.П.** Влияние трансмеридианных авиаперемещений на работоспособность и гемодинамические реакции здоровых лиц // Фундаментальные аспекты психического здоровья. 2017. №3-4. С. 3-7.

in the pre-competition and competition training for flights to the east. Theory and practice of physical culture. 2018;(8):58-60. Russian.

5. **Suliman Khan, Pengfei Duan, Lunguang Yao, Hongwei Hou.** Shiftwork-Mediated Disruptions of Circadian Rhythms and Sleep Homeostasis Cause Serious Health Problems. International Journal of Genomics. 2018. DOI: 10.1155 / 2018/8576890.

6. **Mary Seeman.** Travel Risks for Those With Serious Mental Illness. International Journal of Travel Medicine and Global Health. 2016;4(3):76-81. DOI: 10.21859/ijtmgh-040302.

7. **Azka Hassan, Jamil Ahmad, Hufsah Ashraf, Amjad Ali** Modeling and analysis of the impacts of jet lag on circadian rhythm and its role in tumor growth. Peer J. 2018;(6):e:4877. DOI: 10.7717/peerj.4877.

8. **Hui-Hsien Lin, Michelle E. Farkas.** Altered Circadian Rhythms and Breast Cancer: From the Human to the Molecular Level. Frontiers in Endocrinology. 2018;(9). DOI: 10.3389/fendo.2018.00219.

9. **Panchenko AV, Gubareva EA, Anisimov VN.** The role of circadian rhythms and «cell hours» in the development of diseases associated with age. Successes of gerontology. 2016.(3):32-8. Russian.

10. **Jessica M Ferrell, John YL.** Circadian rhythms in liver metabolism and disease. Chiang Acta Pharmaceutica Sinica B. 2015;5(2):113-22. DOI: 10.1016/j.apsb.2015.01.003.

11. **Tom Deboer.** Sleep homeostasis and the circadian clock: Do the circadian pacemaker and the sleep homeostat influence each other's functioning? Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms. 2018;(5):68-77.

12. **Erhan Akinci, Fatma Ozlem Orhan.** Circadian Rhythm Sleep Disorders. Psikiyatri Guncel Yaklasimlar. 2016;8(2):178-89. DOI: 10.18863/pgy.81775.

13. **Cissé YM, Nelson RJ.** Consequences of circadian dysregulation on metabolism. Chrono Physiology and Therapy. 2016;6:55-63.

14. **Katinas GS, Yakovlev VA.** Organization of biorhythmic research. Chronobiology and Chronomedicine. 1989:45-51. Russian.

15. **Grebneva NN.** Functional reserves and the formation of a child's body in the conditions of Western Siberia. Avtoref. dokt. diss. Tomsk, 2001. 46 p. Russian.

16. **Ezhov SN, Yashchuk AV, Kravtsov SV.** The effect of the desynchronizing effects of transmeridian hops on the circadian rhythm of thermoregulation. Physical culture, sports – science and practice. 2018;(2):80-7. Russian.

17. **Ezhov SN, Yashchuk AV, Kalenik RS.** The effect of the desynchronizing effects of transmeridian hops on the circadian rhythm of athletes' heartbeats. Therapeutic Exercise and Sport Medicine. 2018;(3):45-51. Russian.

18. **Ezhov SN, Romanov RV, Afinogenov TP.** The effect of transmeridian air movements on the working capacity and hemodynamic responses of healthy individuals. Fundamental aspects of mental health. 2017;(3-4):3-7. Russian.

Информация об авторах:

Ежов Сергей Николаевич, профессор кафедры тактико-специальной, огневой и физической подготовки Владивостокского филиала Дальневосточного юридического института МВД России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-7843-5694 (+7 (914) 70-70-522, anna_777.08@mail.ru)

Ящук Анна Васильевна, врач лечебной физкультуры Владивостокского филиала ООО «Клиника лечения боли», к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-8745-0041

Афиногенов Тимофей Петрович, доцент кафедры тактико-специальной, огневой и физической подготовки Владивостокского филиала Дальневосточного юридического института МВД России, к.п.н. ORCID ID: 0000-0002-5091-7672

Синянский Владимир Александрович, старший преподаватель кафедры тактико-специальной, огневой и физической подготовки Владивостокского филиала Дальневосточного юридического института МВД России. ORCID ID: 0000-0002-4537-1396

Information about the authors:

Sergey N. Ezhov, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Tactical-Special, Fire and Physical Training of the Vladivostok branch of the Far Eastern Low Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. ORCID ID: 0000-0001-7843-5694 (+7 (914) 70-70-522, anna_777.08@mail.ru)

Anna V. Yashchuk, M.D., Ph.D. (Medicine), Physician of Exercise Therapy of the Vladivostok branch of the Clinic for Pain Treatment LLC. ORCID ID: 0000-0002-8745-0041

Timofey P. Afinogenov, Ed.D. Assistant Professor of the Department of Tactical-Special, Fire and Physical Training of the Vladivostok branch of the Far Eastern Low Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. ORCID ID: 0000-0002-5091-7672

Vladimir A. Sinyansky, Senior Lecturer of the Department of Tactical-Special, Fire and Physical Training of the Vladivostok branch of the Far Eastern Low Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. ORCID ID: 0000-0002-4537-1396

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 15.01.2019

Принята к публикации: 18.02.2019

Received: 15 January 2019

Accepted: 18 February 2019

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



Основы скандинавской ходьбы

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

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

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

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

Обмен карнитина в оценке состояния тканевой энергетики и физической работоспособности юных спортсменов

Н.В. Рылова¹, А.А. Биктимирова¹, А.В. Жолинский²

¹ФГБОУ ВО Казанский государственный медицинский университет,
Министерство здравоохранения РФ, г. Казань, Россия

²ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации,
ФМБА России, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработка прогностических критериев оценки физической работоспособности детей, занимающихся разными видами спорта, с помощью особенностей показателей обмена карнитина. **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 94 юных спортсмена (I группа – 48 детей, занимающихся игровыми видами спорта (хоккей на траве), II группа – 46 детей, занимающихся циклическими видами спорта (плавание), и 37 школьников, не имеющих регулярной интенсивной физической нагрузки, в качестве контрольной группы. Изучали показатели: свободный и связанный карнитин, максимальное потребление кислорода, показатель физической работоспособности, композиционный состав тела. **Результаты:** среднее содержание общего карнитина в группе детей, занимающихся игровыми видами спорта, оказалось ниже ($45,9 \pm 1,6$ мкмоль/л), чем в группе представителей циклических видов ($52,6 \pm 1,1$ мкмоль/л) и в контрольной группе ($46,3 \pm 1,0$ мкмоль/л). При исследовании уровня МПК в сравниваемых группах были выявлены статически значимые различия. Так, среди представителей хоккея на траве средний уровень абсолютного МПК составил $2,2 \pm 0,1$ л/мин, у пловцов – $3,8 \pm 0,2$ л/мин, в группе контроля – $2,7 \pm 0,1$ л/мин. В ходе исследования отмечены значимые положительные достоверные корреляционные связи между уровнем абсолютного МПК и общим и свободным карнитином. Полученные данные могут говорить о большей аэробной работоспособности у спортсменов с высоким содержанием свободного карнитина. **Выводы:** таким образом, изучая состояние карнитинового обмена и максимального потребления кислорода, появляется возможность прогнозирования состояния физической работоспособности детей, что определяет меры профилактики ухудшения состояния здоровья при интенсивных физических нагрузках.

Ключевые слова: юные спортсмены, физическое развитие, мышечная масса, процент жировой массы

Для цитирования: Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Жолинский А.В. Обмен карнитина в оценке состояния тканевой энергетики и физической работоспособности юных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 14-20. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.14.

Carnitine exchange in the assessment of tissue energetics and physical performance of young athletes

Natalia V. Rylova¹, Alina A. Biktimirova¹, Andrey V. Zholinsky²

¹Kazan State Medical University, Kazan, Russia

²Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to develop prognostic criteria for assessing the physical performance of children engaged in different sports, using the features of carnitine metabolism. **Materials and methods:** 94 young athletes and 37 students as a control group were included to the study. Indicators such as free and bound carnitine, maximum oxygen consumption (MOC) (as an indicator of physical performance), and the body composition were studied. **Results:** statistical analysis of the data indicated that the average amount of total carnitine in the group of children engaged in field hockey was lower (45.9 ± 1.6 $\mu\text{mol/l}$) comparing with the group of representatives of cyclic sports (52.6 ± 1.1 $\mu\text{mol/l}$) and with the group of control (46.3 ± 1.0 $\mu\text{mol/l}$). The study of the level of MOC in the abovementioned groups revealed statistically significant differences. Thus, among the field hockey players the average level of absolute MOC was 2.2 ± 0.1 lpm, swimmers – 3.8 ± 0.2 lpm, in the control group – 2.7 ± 0.1 lpm. The study showed significant positive correlation between the level of absolute MOC with total and free carnitine. The data obtained may indicate a greater aerobic performance in athletes with a higher content of free carnitine. **Conclusions:** thus, after studying the state of carnitine metabolism and maximum oxygen consumption, it becomes possible to predict the state of physical performance of children, which determines the measures to prevent health problems during intense physical activity.

Key words: young athletes, physical development, muscle mass, percentage of fat mass

For citation: Rylova NV, Biktimirova AA, Zholinsky AV. Carnitine exchange in the assessment of tissue energetics and physical performance of young athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):14-20. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.14.

1.1 Введение

В связи с высокой распространенностью факторов риска, связанных с образом жизни, в последние годы большое внимание уделяется формированию социальных привычек, полезных для здоровья у населения в целом. Правильное питание, мотивация к высокой двигательной активности и прочие аспекты здорового образа жизни должны воспитываться с самого раннего возраста [1]. Профилактическое направление в медицине выходит на первый план при медико-биологическом обеспечении спорта высших достижений, а также детско-юношеского спорта. Учитывая возрастные, половые особенности в становлении системы энергообеспечения у детей, существенное психологическое давление на юных атлетов, раннее начало занятий спортом, особенно важным становится вопрос об интенсивности физических нагрузок у детей в рамках сохранения их здоровья. [2, 3].

Авторами установлено, что при воздействии интенсивной физической нагрузки процессы клеточного метаболизма претерпевают определенные изменения. В результате дефицита кислорода в клетках в процессе цикла трикарбоновых кислот происходит накопление промежуточных продуктов обмена свободных жирных кислот. Текущие процессы ведут к нарушению функции клетки, и, зачастую, к ее гибели. Выраженность этих процессов увеличивается по мере возрастания степени гипоксии тканей. Поэтому для профилактики ухудшения состояния здоровья и снижения работоспособности у детей необходим всесторонний подход к изучению энергообеспечения физической деятельности. В детской практике в диагностике различных состояний особенно важно использование малоинвазивных и эффективных методов исследования процессов, происходящих под воздействием физической деятельности. Благодаря развитию профилактического и метаболического направления в медицине появилась возможность создания надежного диагностического инструментария, позволяющего оценивать нарушения клеточной энергетики [4]. В числе этих методов важную роль играет оценка показателей обмена карнитина.

В связи с вышеизложенным, целью исследования явилась разработка прогностических критериев оценки физической работоспособности детей, занимающихся различными видами спорта, с помощью особенностей показателей обмена карнитина.

1.2 Материалы и методы

Всего под наблюдением находился 131 ребенок в возрасте от 12 лет до 18 лет. 94 ребенка (интенсивная физическая нагрузка не менее 12 часов в неделю с кратностью 3 и более раз в течение последних 6 или более месяцев) были распределены на 2 группы в зависимости от типа физической нагрузки: I группа – 48 детей, занимающихся игровыми видами спорта (хоккей на траве), II группа – 46 детей, занимающихся циклическими видами

спорта (плавание). III группу (контрольную) составили остальные 37 детей, не имеющих регулярной интенсивной физической нагрузки (занятия физической культурой 2 раза в неделю в рамках школьного расписания). В результате статистической обработки подтвердилась нормальность распределения сравниваемых совокупностей по возрасту и полу. Данные о возрасте исследуемых детей приведены в таблице 1.

Основными характеристиками карнитинового обмена являются уровень общего карнитина, содержание свободного (C0) и связанного карнитина (AK), а также индекс их соотношения AK/C0. Определение уровня общего карнитина, свободного и связанного карнитина методом tandemной хромато-масс-спектрометрии проводили на базе лаборатории молекулярной и биохимической диагностики НИКИ педиатрии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (заведующий лабораторией – проф. Сухоруков В.С.) [5–8].

Биоимпедансметрию (содержание жировой, мышечной, костной массы тела, а также свободной жидкости), кардиореспираторное нагрузочное тестирование прямым методом (изучение уровня максимального потребления кислорода, л/мин) проводили на базе кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма» Минспорта России. Статистический анализ проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics 20 [9]. Полученные данные приведены в таблицах в виде $M \pm m$, где M – средняя величина, m – средняя ошибка средней величины.

1.3 Результаты и их обсуждение

В рамках общеклинического исследования изучена структура жалоб и перенесенных заболеваний. Все дети, занимающиеся спортом, на момент обследования активных жалоб не предъявляли и не отмечали наличие субъективных симптомов утомления и перенапряжения. Некоторые спортсмены, однако, отмечали болезненность в суставах. Среди мальчиков, занимающихся хоккеем на

Таблица 1

Распределение детей исследуемой и контрольной групп по полу

Table 1

Distribution of children in the main and control groups by gender

Группа/Вид нагрузки Group/Type of load	Мальчики/Boys		Девочки/Girls	
	n	M±m, лет/ years	n	M±m, лет/ years
Игровые виды спорта/ Team sports	29	16,1±0,3	19	16,2±0,3
Циклические виды спорта/Cyclic sports	31	15,8±0,3	15	16,1±0,4
Контрольная группа/ Control group	17	16,0	20	15,0
ИТОГО/Total:	77	16,0±0,1	54	16,0±0,2

траве, 55,2% отметили, что испытывают болезненность в коленных суставах после тренировок и игр. Аналогичный ответ дали 42,1% девочек, играющих в хоккей на траве. Среди представителей плавания болезненности в суставах отмечено не было. При анализе диспансерных карт и результатов Эхо-КС у 17,2% мальчиков и 15,8% девочек, играющих в хоккей, был выявлен пролапс митрального клапана с незначительной регургитацией, что не является противопоказанием к занятиям спортом. Среди представителей плавания у 33,3% девочек были выявлены эктопические хорды левого желудочка. В результате, все дети были отнесены к I-II группе здоровья, допущены к тренировочным занятиям и соревнованиям.

Результаты исследования состояния карнитинового обмена

Среднее содержание общего карнитина в I группе (игровые виды спорта) составило $45,9 \pm 1,6$ мкмоль/л, во II группе (циклические виды спорта) – $52,6 \pm 1,1$ мкмоль/л, в III группе – $46,3 \pm 1,0$ мкмоль/л. Содержание общего карнитина имело статистически значимые различия при сравнении всех трех групп между собой ($F = 8,3$; $p < 0,001$). Парные сравнения показателей при помощи критерия Тьюки выявили существенно более высокий уровень общего карнитина в I группе (игровые виды спорта) при сравнении как со II группой (циклические виды спорта) ($p < 0,01$), так и контрольной группой ($p < 0,01$). Сопоставление долей свободного и связанного карнитина в исследуемых группах представлено на рисунке 1.

В соответствии с полученными данными установлено, что среднее процентное содержание свободного карнитина в структуре общего карнитина у представителей игровых видов спорта статистически значимо ниже, чем у представителей циклических видов спорта и в контрольной группе ($F = 5,2$; $p < 0,01$).

Далее показатели обмена карнитина были проанализированы с учетом половых различий независимо от вида физической нагрузки (табл. 2).

Выявлены статистически значимые различия между мальчиками и девочками по содержанию общего карнитина ($p < 0,001$), свободного карнитина ($p < 0,01$) и содержанию связанного карнитина ($p < 0,001$). Более высокий уровень показателей карнитинового обмена отмечался у мальчиков. Различия сравниваемых групп по средней величине индекса АК/С0 оказались статистически незначимыми.

Результаты сравнения показателей карнитинового обмена (свободного и связанного карнитина, их соотношения) в зависимости от вида спорта представлены в таблице 3.

В первую очередь проведено сравнение показателей карнитинового обмена среди детей одного пола в зависимости от вида физической нагрузки. Так, содержание свободного карнитина у девочек, занимающихся плаванием было статистически значимо выше, чем у хоккеисток ($p < 0,001$) и у девочек контрольной группы ($p < 0,001$). Этот же показатель у хоккеисток достоверно ниже, чем у девочек контрольной группы при $p < 0,05$. Статистически значимые различия содержания связанного карнитина отмечены только при сравнении девочек-хоккеисток и девочек контрольной группы, причем в последней он был существенно выше ($p < 0,001$). Наиболее высокие значения индекса АК/С0 наблюдались у девочек контрольной группы, имеющей статистически значимые различия как с хоккеистками ($p < 0,01$), так и с пловчихами ($p < 0,01$). У мальчиков-хоккеистов содержание свободного карнитина было существенно ниже, чем у пловцов ($p < 0,05$) и мальчиков контрольной группы ($p < 0,01$). Соотношение связанных карнитин/свободный карнитин оказалось статистически значимо ниже в контрольной группе, по сравнению с мальчиками-пловцами и хоккеистами ($p < 0,001$). Нами были установлены существенные различия между показателями АК/С0, измеренными в сравниваемых группах ($F = 4,9$; $p < 0,01$). Парные сравнения значений индекса позволили обнаружить статистически значимые различия уровня АК/С0 при сравнении хоккеистов как с пловцами ($p < 0,05$), так и с группой контроля ($p < 0,05$). Таким образом, у девочек, занимающихся циклическими видами спорта (плаванием) высокое содержание свободного карнитина говорит о более эффективной клеточной энергетике по сравнению с представительницами других групп.

Выявлены статистически значимые различия между мальчиками и девочками по содержанию свободного карнитина ($p < 0,01$) и содержанию связанного карнитина ($p < 0,001$). Более высокий уровень показателей карнитинового обмена отмечался у мальчиков. Различия сравниваемых групп по средней величине индекса АК/С0 оказались статистически незначимыми. При сравнении уровня связанного карнитина во всех трех группах статистически значимых различий выявлено не

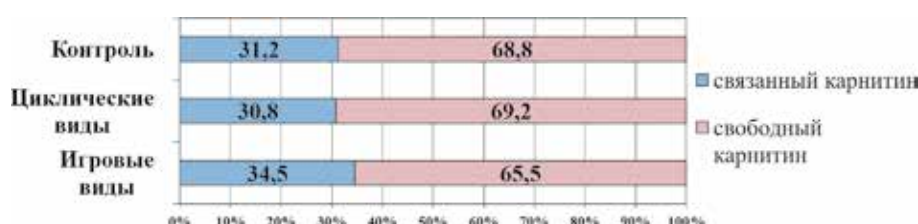


Рис. 1. Процентное соотношение свободного и связанного карнитина в изучаемых группах

Pic. 1. Percentage of free and bound carnitine in the studying groups

Таблица 2

Сравнение показателей карнитинового обмена в зависимости от пола

Table 2

Comparing the carnitine metabolism regarding to gender

Показатель карнитинового обмена/ Carnitine metabolism index	Пол/Gender		t	p
	Мужской/Male	Женский/Female		
Общий карнитин/Total carnitine, мкмоль/л / umol/l	51,66±1,17	44,6±0,90	4,8	<0,001
Свободный карнитин/Free carnitine (C0), мкмоль/л / umol/l	34,5±0,8	30,7±0,8	3,2	<0,01
Связанный карнитин (AK)/Bound carnitine (BC), мкмоль/л / umol/l	17,2±0,6	13,9±0,4	4,5	<0,001
Индекс AK/BC index/C0	0,51±0,02	0,46±0,01	1,9	>0,05

Таблица 3

Содержание свободного и связанного карнитина, значение индекса AK/C0

Table 3

Free and bound carnitine, the value of index BC/C0

Группа/Group	Пол/Gender	Свободный карнитин (C0), мкмоль/л/ Free carnitine, umol/l	Связанный карнитин (AK), мкмоль/л/ Bound carnitine (BC), umol/l	AK/C0 BC/C0
Игровые виды спорта/ Team sports	Мужской/Male	31,8±1,4	18,4±0,9	0,59±0,02
	Женский/Female	27,0±1,0	12,27±0,5	0,46±0,02
Циклические виды спорта/ Cyclic sports	Мужской/Male	36,3±1,1	17,4±0,8	0,49±0,03
	Женский/Female	36,3±1,3	14,0±0,9	0,4±0,04
Группа контроля/ Control group	Мужской/Male	40,6±2,5	11,1±0,9	0,27±0,01
	Женский/Female	29,9±0,8	15,5±0,4	0,52±0,01

было ($F = 1,7$; $p > 0,05$). Различия показателей карнитинового обмена были проанализированы в зависимости от возраста. Однако статистически значимых различий в содержании свободного и связанного карнитина в разные возрастные периоды выявлено не было.

Выявленные различия в содержании свободного карнитина и соотношения AK/C0 указывают на состоянии более эффективной клеточной энергетики именно у мальчиков – представителей аэробных нагрузок, так как высокое содержание свободного карнитина обеспечивает перенос большого количества жирных кислот через митохондриальную мембрану [10, 11].

Изучение показателей аэробной работоспособности у спортсменов

С целью оценки состояния аэробной работоспособности у спортсменов проведена оценка показателя МПК в зависимости от пола и вида физической нагрузки. Полученные данные представлены в таблице 4.

Согласно полученным результатам, различия как абсолютного, так и относительного показателя МПК между сравниваемыми группами были статистически значимыми ($p < 0,001$). При сравнении абсолютного показателя МПК между группами, выявлено, что у представителей циклических видов спорта уровень МПК выше, чем у детей, занимающихся спортивными играми и группы кон-

троля при $p < 0,001$. При изучении относительного показателя МПК, рассчитанного в зависимости от массы тела, были также установлены аналогичные показатели ($p < 0,001$).

Полученные данные объясняются спецификой выполняемой нагрузки, а также гендерными различиями в исследуемых группах. Известно, что становление системы энергообеспечения проходит в разные возрастные периоды в зависимости от пола. Так, абсолютные показатели МПК у мальчиков достигают своих максимальных величин при наступлении возраста 15 лет. Таким образом, наивысший уровень как абсолютного, так и относительного МПК отмечается у мальчиков, занимающихся циклическими видами спорта, что говорит о необходимости более эффективной клеточной энергетики при аэробных нагрузках, а также подтверждает различия становления системы энергообеспечения у мальчиков и девочек.

В ходе сопоставления уровней абсолютного и относительного МПК и состояния карнитинового обмена у юных спортсменов были выявлены значимые достоверные корреляционные связи между изучаемыми показателями.

Так, зависимость абсолютного МПК от содержания свободного карнитина описывается уравнением регрес-

Таблица 4

Сравнение абсолютного МПК (л/мин) и относительного МПК (мл/кг/мин) в зависимости от вида физической нагрузки и пола

Table 4

Comparing an absolute Maximum oxygen consumption (liter per min) and relative Maximum oxygen consumption (ml per kg per min) depending on the type of physical activity and gender

Вид спорта/Type of sport	Абсолютное МПК/Absolute MOC		Относительное МПК/Relative MOC	
	Мальчики/Boys	Девочки/Girls	Мальчики/Boys	Девочки/Girls
Игровые виды спорта/ Team sports	н/д	2,17±0,07	н/д	38,4±1,0
Циклические виды спорта/ Cyclic sports	4,06±0,14	2,57±0,03	60,4±1,3	44,9±1,9
Контрольная группа/ Control group	2,68±0,08	н/д*	40,0±2,8	н/д*

Примечание: * не диагностировано/*was not studied

сии, полученным в ходе статистической обработки имеющихся данных (1).

$$Y_{\text{МПК(а)}} = 1,01 + 0,05 \cdot X_{\text{C0}}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{МПК(а)}}$ – абсолютное МПК (л/мин), X_{C0} – содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Коэффициент корреляции, характеризующий данную связь, составил 0,46, что по шкале Чеддока соответствует умеренной тесноте связи между показателями. Вклад уровня свободного карнитина в дисперсию показателя абсолютного МПК составляет 20,9%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи соответствует $p < 0,01$.

Нами также была оценена взаимосвязь относительного показателя МПК и содержания свободного карнитина, которая описывалась следующим уравнением регрессии, полученным в ходе статистической обработки имеющихся данных (2).

$$Y_{\text{МПК(о)}} = 27,44 + 0,52 \cdot X_{\text{C0}}, \quad (2)$$

где $Y_{\text{МПК(о)}}$ – относительное МПК (мл/мин/кг), X_{C0} – содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Коэффициент корреляции, характеризующий данную связь, составил 0,36, что по шкале Чеддока соответствует умеренной тесноте связи между показателями.

Вклад уровня свободного карнитина в дисперсию показателя относительного МПК составляет 12,6%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи соответствует $p < 0,05$.

Результаты изучения содержания жировой массы тела юных спортсменов.

В группе исследуемых детей было проведено сравнение средних величин массы тела и процентного содержания жировой массы. Процентное содержание жировой массы тела оказалось наиболее низким у мальчиков, занимающихся игровыми видами спорта. Достоверных различий в содержании жировой массы тела среди мальчиков, занимающихся интенсивными физическими нагрузками, однако, выявлено не было ($t = 1,58$). У мальчиков контрольной группы, содержание жировой массы тела достоверно выше по сравнению с представителями циклических и игровых видов спорта. Среди девочек, процентное содержание жировой массы тела оказалось достоверно ниже у девочек, занимающихся циклическими видами спорта ($t = 4,12$, $p < 0,001$). Полученные результаты представлены в таблице 5.

1.4 Выводы

С целью комплексной оценки влияния изученных факторов на величину относительного МПК использо-

Таблица 5

Средние значения массы тела и содержания жировой массы

Table 5

Average body mass and fat contentr

Вид спорта/Type of sport	Масса тела/Body mass		% жировой массы тела/Body fat mass %	
	Мальчики/Boys	Девочки/Girls	Мальчики/Boys	Девочки/Girls
Игровые виды спорта/Team sports	67,7±2,51	56,66±1,37	7,83±0,72	17,53±0,64
Циклические виды спорта/Cyclic sports	65,93±1,39	57,66±1,71	9,6±0,87	22,24±1,0
Контрольная группа/Control group	69,43±5,75	н/д*	23,6±2,41	н/д*

Примечание: * не диагностировано/*was not studied

ван метод множественной линейной регрессии. В результате отбора наиболее значимых переменных получена следующая регрессионная модель (3).

$$Y_{\text{МПК(о)}} = 43,389 - 1,003 \cdot X_{\text{ЖМТ}} + 0,592 \cdot X_{\text{С0}} \quad (3)$$

где $Y_{\text{МПК(о)}}$ – относительное МПК (мл/мин/кг), $X_{\text{ЖМТ}}$ – процентное содержание жира в организме (%), $X_{\text{С0}}$ – содержание свободного карнитина (мкмоль/л).

Значения коэффициентов регрессии свидетельствуют о наличии прямой взаимосвязи относительного МПК с содержанием свободного карнитина (0,592) и обратной взаимосвязи с жировой массой тела (-1,003).

Коэффициент корреляции, характеризующий связь относительного МПК с жировой массой тела и содержанием свободного карнитина, составил 0,61, что по шкале Чеддока соответствует заметной тесноте связи между показателями. Полученная модель (5) определяет дисперсию показателя относительного МПК, которая составляет 36,8%. Уровень статистической значимости выявленной корреляционной связи составил $p < 0,01$.

Список литературы

1. Баранова А.А. Профилактическая педиатрия: руководство для врачей. Москва, 2012. 691 с.
2. Балыкова Л.А., Ивянский С.А., Макаров Л.М., Маркелова И.А., Киселева М.И., Балашов В.П. Перспективы метаболической терапии в детской спортивной кардиологии // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2009. №8. С. 7-13.
3. Ключников С.О., Ильяшенко Д.А., Ключников М.С. Эффективность Карнитона и Кудесана у подростков. Клинико-функциональное и психологическое исследование // Практика педиатра. 2009. №2. С. 23-7.
4. Сухоруков В.С. Очерки митохондриальной патологии. М.: Медпрактика-М, 2011. 288 с.
5. Esco MR, Fedewa MV, Cicone ZS, Sinelnikov OA, Sekulic D, Holmes CJ. Field-Based Performance Tests Are Related to Body Fat Percentage and Fat-Free Mass, But Not Body Mass Index, in Youth Soccer Players // Sports (Basel). 2018. Т.6, №4. e:105.
6. Биктимирова А.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Применение кардиореспираторного нагрузочного тестирования в медицине // Практическая медицина. 2014. №3. С. 50-3.
7. Lyudinina AY, Ivankova GE, Boyko ER. Priority use of medium-chain fatty acids during high-intensity exercise in cross-country skiers // J Int Soc Sports Nutr. 2018. Vol.15, №1. P. 57
8. Orer GE, Guzel NA. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes // J Strength Cond Res. 2014. Vol.28, №2. P. 514-9.
9. Наследов А.Д. SPSS 19. Профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Издательский дом «Питер», 2011. 399 с.
10. Gerasimos V. Grivas The Role of L-Carnitine in Distance Athletes // International Journal of Sports Science. 2018. Vol.8, №5. P. 158-63.
11. Ellingson DJ, Shippar JJ, Gilmore JM. Determination of Free and Total Choline and Carnitine in Infant Formula and Adult/ Pediatric Nutritional Formula by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS): Single-Laboratory Validation, First Action 2015.10 // J AOAC Int. 2016. Vol.99, №1. P. 204-9.

В ходе исследования также намечены значимые положительные достоверные корреляционные связи между уровнем абсолютного МПК и общим ($r=0,55$, $p<0,001$) и свободным карнитином ($r=0,60$, $p<0,001$). Полученные данные могут говорить о большей аэробной работоспособности у спортсменов с высоким содержанием свободного карнитина, так как достаточное его количество обеспечивает адекватное течение процессов клеточного энергообмена. При медицинском обеспечении детско-юношеского спорта особенно важно изучение вопроса о физиологии здорового ребенка, так как основной задачей врача-педиатра, а также спортивного врача становится сохранение здоровья детей, занимающихся интенсивными физическими нагрузками.

Таким образом, изучение состояния карнитинового обмена для выявления особенностей клеточного энергообмена у детей становится актуальной задачей. Изучая состояние карнитинового обмена и композиционного состава тела, появляется возможность прогнозирования состояния физической работоспособности детей, что определяет меры профилактики ухудшения состояния здоровья при интенсивных физических нагрузках.

References

1. Baranov AA. Preventive Pediatrics: a guide for doctors. Moscow, 2012. 691 p. Russian.
2. Balykova, LA, Ivynskiy SA, Makarov LM, Markelova IA, Kiseleva MI, Balashov VP. Perspectives of metabolic therapy in pediatric sports cardiology. Pediatrics. Journal named after G.N. Speransky. 2009;(8):7-13. Russian.
3. Klyuchnikov SO, Ilyashenko DA, Klyuchnikov MS. The Effectiveness of Karniton and Kudesan in adolescents. Clinical, functional and psychological research. Pediatrician Practice. 2009;(2):23-7. Russian.
4. Sukhorukov VS. Study of mitochondrial pathology. Moscow, Medpraktika-M, 2011. 288 p. Russian.
5. Esco MR, Fedewa MV, Cicone ZS, Sinelnikov OA, Sekulic D, Holmes CJ. Field-Based Performance Tests Are Related to Body Fat Percentage and Fat-Free Mass, But Not Body Mass Index, in Youth Soccer Players. Sports (Basel). 2018;6(4):e:105.
6. Biktimirova AA, Rylova NV, Samoylov AS. Application of cardiorespiratory exercise testing in medicine. Practical medicine. 2014;(3):50-3. Russian.
7. Lyudinina AY, Ivankova GE, Boyko ER. Priority use of medium-chain fatty acids during high-intensity exercise in cross-country skiers. J IntSoc Sports Nutr. 2018;15(1):57. Russian.
8. Orer GE, Guzel NA. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. J Strength Cond Res. 2014;28(2):514-9.
9. Nasledov AD. SPSS 19. Professional statistical data analysis. Saint-Petersburg, Publishing house «Peter», 2011. 399 p. Russian.
10. Gerasimos V. Grivas The Role of L-Carnitine in Distance Athletes. International Journal of Sports Science 2018;8(5):158-63.
11. Ellingson DJ, Shippar JJ, Gilmore JM. Determination of Free and Total Choline and Carnitine in Infant Formula and Adult/ Pediatric Nutritional Formula by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS): Single-Laboratory Validation, First Action 2015.10. J AOAC Int. 2016;99(1):204-9.

Информация об авторах:

Рылова Наталья Викторовна, профессор кафедры госпитальной педиатрии ФГБОУ ВО Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, д.м.н. (+7 (917) 397-33-93, rilovanv@mail.ru)

Биктимирова Алина Азатовна, ассистент кафедры профилактической медицины и экологии человека ФГБОУ ВО Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, к.м.н.

Жолинский Андрей Владимирович, директор ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, к.м.н.

Information about the authors:

Natalia V. Rylova, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Pediatrics of the Kazan State Medical University (+7 (917) 397-33-93, rilovanv@mail.ru)

Alina A. Biktimirova, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Department of Preventive Medicine and Human Ecology of the Kazan State Medical University

Andrey V. Zholinsky, M.D., Ph.D. (Medicine), Director of the Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 22.01.2019

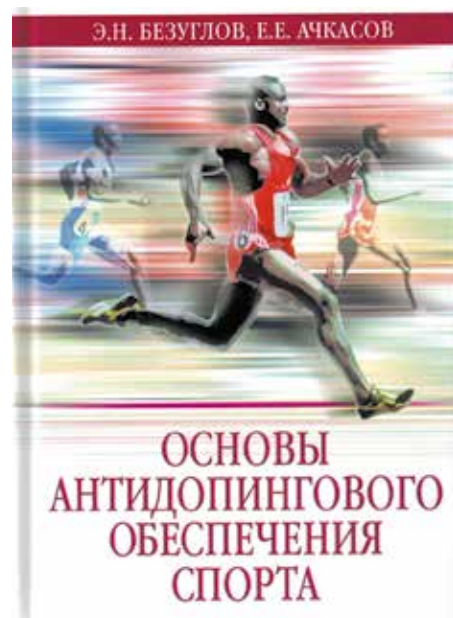
Принята к публикации: 19.02.2019

Received: 22 January 2019

Accepted: 19 February 2019

Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»
Учебное пособие
Основы антидопингового обеспечения спорта

Под редакцией Безуглова Э.Н., Ачкасова Е.Е.



В учебном пособии изложены история борьбы с допингом, структура антидопингового обеспечения и его нормативно-правовое регулирование. Понятие допинга рассмотрено с точки зрения нарушения антидопинговых правил. Представлены сведения о распространенности допинга в различных видах спорта, запрещенных в спорте субстанциях и методах и получении разрешения на их терапевтическое использование, роли биологически активных добавок в структуре нарушений антидопинговых правил, вреде допинга здоровью человека, процедуре допинг-контроля и его особенностях у лиц с инвалидностью и несовершеннолетних, способах фальсификации допинг-проб и методах борьбы с ними, санкциях за нарушение антидопинговых правил, биологическом паспорте спортсмена и системе АДАМС. Приведены адреса сайтов, содержащих информацию по проблеме борьбы с допингом. Усвоению материала способствуют вопросы для самоконтроля и тестовые задания.

Учебное пособие предназначено для студентов медицинских образовательных учреждений высшего образования, может быть полезно клиническим ординаторам, обучающимся по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина», спортивным врачам и врачам смежных специальностей, студентам физкультурных вузов, тренерам и иным специалистам в области физической культуры и спорта.

Книги можно заказать на сайте издательства «Спорт»: <http://www.olimppress.ru>

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.21

УДК: 616.711-007.5

Скрининг-диагностика нарушений осанки и контроль эффективности коррекционных фитнес-программ

О.В. Марандыкина¹, Ю.А. Матвеев²

¹МГАВТ – филиал ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова, Министерство транспорта РФ, г. Москва, Россия

²ГАОУ ВО МГПУ Институт естествознания и спортивных технологий,
Департамент образования г. Москвы, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить эффективность новой разработанной коррекционной программы при идеопатическом сколиозе грудного отдела позвоночника I степени с помощью аппаратно-программного комплекса (АПК) «Осанкомер». **Материалы и методы:** сформированы две группы обучающихся на 1-3 курсах московского филиала академии водного транспорта (МГАВТ) в возрасте 17-19 лет по 12 человек в каждой, у которых на медицинских осмотрах выявлены односторонние нарушения осанки в виде начальных проявлений сколиотической болезни грудного отдела позвоночника с углом искривления по В.Д. Чаклину от 3 до 5° («идеопатический сколиоз I степени»). Испытуемые разделены на 2 группы: контрольную и основную. Контрольную группу составили 12 студентов (6 юношей и 6 девушек), которые занимались с использованием общепринятой оздоровительной физической культуры, включающей занятия лечебной гимнастикой в зале 3 раза в неделю по 45 мин. В основную группу включены также 12 обучающихся, которым дополнительно к названной методике в коррекционную программу были включены занятия фитнес-аэробикой 2 раза в неделю с использованием специальных фитнес-упражнений. **Результаты:** сравнительные исследования морфофункционального состояния позвоночника обследуемых, проведенные с помощью метода скрининг-диагностики АПК «Осанкомер» в обеих группах до эксперимента (ДЭ) и после эксперимента (ПЭ), продемонстрировали статистически значимую положительную динамику снижения выраженности сколиотической болезни (уменьшение углов наклона α , β , γ на 3-3,5°) в основной группе, где по сравнению с контрольной в порядке совершенствования физкультурно-оздоровительной технологии применена модернизированная коррекционная программа за счет включения в нее элементов фитнеса. **Выводы:** совершенствование применяемых общепринятых корректирующих методик путем включения дополнительных средств оздоровительной физической культуры с элементами фитнес-аэробики улучшает морфофункциональное состояние самого позвоночника и мышц, формирующих мышечный корсет. Положительная динамика этих показателей дает основание считать, что такое направленное воздействие на организм укрепляет ослабшие по функциональным возможностям глубокие и поверхностные мышцы спины, боковой поверхности туловища, брюшного пресса, межостистых мышц, что в свою очередь повышает выносливость и способность всего мышечного корсета в целом поддерживать статическую устойчивость и правильное положение позвоночника.

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, диагностика, позвоночник, нарушения осанки, сколиоз

Для цитирования: Марандыкина О.В., Матвеев Ю.А. Скрининг-диагностика нарушений осанки и контроль эффективности коррекционных фитнес-программ // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 21-27. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.21.

Screening-diagnostics of posture disorders and performance management of correctional fitness programs

Oksana V. Marandykina¹, Yury A. Matveev²

¹Moscow State Academy of Water Transport – branch of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
Moscow, Russia

²Institute of Natural Sciences and Sport Technologies of the Moscow City University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: a comparative performance evaluation of fitness programs for students from 1-3 courses of the Moscow Academy of water transport (MGAVT) with confirmed medical diagnosis of «Idiopathic scoliosis of 1 degree» using the method of screening diagnostics APC «Osancomer». **Materials and methods:** two groups of students from 1 – 3 courses of the Moscow branch of the Academy of water transport (MGAVT) at the age of 17-19 years were formed (n=12 in each group). All participants had the same type of posture disorders in the form of initial manifestations of scoliotic disease of the thoracic spine with a curvature angle of V. D. Chaklin from 3 to 5° («Ideopathic scoliosis of the I degree»). A new correctional fitness program was developed and applied for the main group, the comparison group (control) used only conventional exercises previously used in violations of posture. **Results:** comparative studies of the morphofunctional spine state of the subjects, carried out using the method of screening diagnostics of APC «Osancomer», in both groups before the experiment (BE) and after the experiment (AE), demonstrated a statistically significant positive dynamics. The severity of scoliotic disease decreased (reducing the angles of inclination α , β , γ by 3-3,5°) in the main group. In comparison with the control group

in order to improve the physical culture and health technology a modernized correction program by including elements of fitness was used in the main group. **Conclusions:** as the results of the study show, the improvement of the generally accepted corrective techniques by including additional means of health-improving physical culture with elements of fitness aerobics improves the morphological and functional state of the spine and muscles forming a muscular corset. The positive dynamics of these indicators gives reason to believe that such a directed effect on the body of students, in particular students of the Academy of water transport, strengthens the weakened functional capabilities of the deep and superficial muscles of the back, the lateral surface of the trunk, abdominal, interosseous muscles. This increases the endurance and ability of the entire muscular system to maintain static stability and correct position of the spine.

Key words: musculoskeletal system, diagnosis, spine, posture disorders, scoliosis

For citation: Marandykina OV, Matveev YuA. Screening-diagnostics of posture disorders and performance management of correctional fitness programs. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2019;9(1):21-27. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.21.

1.1 Введение

Сколиотическая болезнь (боковое искривление позвоночника) остается актуальной проблемой современной ортопедии. До настоящего момента основными средствами диагностики состояния опорно-двигательного аппарата оставались визуальный осмотр и рентгенография позвоночника. Известно, что несвоевременное начало лечения сколиозов значительно снижает возможности консервативного воздействия, а в запущенных случаях может привести к необходимости проведения более дорогостоящего и травматического хирургического лечения [1].

Понимание важности этой проблемы явилось основанием для дальнейшего поиска более унифицированного экспресс-метода определения состояния мышечно-корсета позвоночника у обучающихся [2]. Известно, что в современной высшей школе не всегда в должной мере соблюдаются гигиенические условия обучения и в сочетании с высокими учебными нагрузками у обучающихся развивается гипертонус и длительный спазм межпозвоночных и глубоких мышц спины, окружающих позвоночник (мышечный корсет). На первых этапах это физиологическое отклонение вызывает компрессию спинномозговых нервов, что в дальнейшем приводит к нарушению нервной и вегетативной регуляции метаболических процессов, и как следствие - нарастанию органотканевой дегенерации костной ткани позвонков. В начале подобные отклонения вызывают нарушения осанки в виде сутулости и в итоге приводят к развитию хронической патологии в виде сколиотической болезни [3].

Цель исследования – оценить эффективность новой разработанной коррекционной программы при идеопатическом сколиозе грудного отдела позвоночника I степени с помощью аппаратно-программного комплекса (АПК) «Осанкомер».

Задачи исследования:

1. Обследовать группу обучающихся с идеопатическим сколиозом I степени на предмет морфофункционального состояния позвоночника с помощью лазерного трехмерного сканера «Осанкомер».

2. По результатам обследования дать физиологическую характеристику состояния нервно-мышечного аппарата у названного контингента.

3. Усовершенствовать применяемую в МГАВТ фитнес-программу путём включения в неё дополнительных

упражнений, направленных на коррекцию выявленных нарушений.

4. Сравнение эффективности новой разработанной коррекционной программы с общепринятой методикой реабилитации при нарушениях осанки.

5. Разработать методику динамического контроля эффективности проводимых мероприятий с использованием названного инновационного аппаратно-программного комплекса «Осанкомер».

1.2 Материалы и методы

Известно, что регуляторные механизмы поддержания осанки реализуются посредством физиологических процессов в различных звеньях нервно-мышечного аппарата, включая: аксонный транспорт; степень миелинизации и функциональной активности нервных волокон; физиологии синаптического проведения, степени функциональной активности нервно-мышечных синапсов; физиологии и уровня развития мышц. Эти механизмы находят свое интегральное выражение при участии высших нейрорегуляторных функций в двигательных действиях, навыках, стереотипах растущего организма [4].

При рассмотрении проблем регуляторного обеспечения осанки необходимо учитывать, что висцеральные рефлексы предназначены для регуляции и поддержания постоянства физиологических и базирующихся на них кинезиологических параметров организма, в данном случае позы. Поэтому схема рефлекса растяжения мышц должна быть дополнена блок-схемой системы управления поддержанием и контролем осанки человека, важнейшим свойством которой является наличие обратной связи, позволяющей физиологической системе корректировать любое отклонение управляемой переменной от требуемого значения.

Таким образом, для коррекции нарушений осанки необходимо иметь достоверную и точную информацию о морфофункциональном состоянии позвоночника. Как один из подходов к решению названной проблемы по данным литературы мы выбрали измерительные принципы, используемые разработчиками портативного АПК «Осанкомер» [5].

Предложенный способ дифференцированной диагностики нарушений осанки прибором «Осанкомер» заключается в определении положений частей костного скелета и мышечных групп относительно внешних коор-

динат. В частности, «Осанкомер» производит трехмерное лазерное сканирование кожных покровов тела человека и названных внешних координат модулированным лазерным пучком. Отраженное от кожного покрова излучение фокусируется на фотоприемное устройство. Фотоприемник (лавинный фотодиод) передает сигнал в электронный тракт. Измерения расстояния (координата Z) осуществляются фазовым двухчастотным методом измерения расстояния. На выходе электронного тракта установлен блок, «упаковывающий» цифровые данные и передающий их по беспроводной связи на компьютер, в основу работы программного обеспечения которого положен метод дифференцированной оценки осанки человека [6].

Лазерный прибор, сканирующий кожные покровы человека, снабжен автоматизированным сервоприводом с возможностью поворотов измерительной головки в двух плоскостях (вертикальной и горизонтальной) и плотностью измерения до десятков точек на один квадратный сантиметр. Схема прибора для лазерного сканирования кожных покровов тела человека приведена на рисунке 1. Позиционирование лазерного пучка по вертикали должно происходить с заранее заданным шагом $0,1^\circ$. После получения вертикального скана сервопривод автоматически поворачивает блок измерительной головки на угол, равный шагу измерения, и в результате удастся получить трехмерную цифровую картину состояния опорно-двигательного аппарата человека.

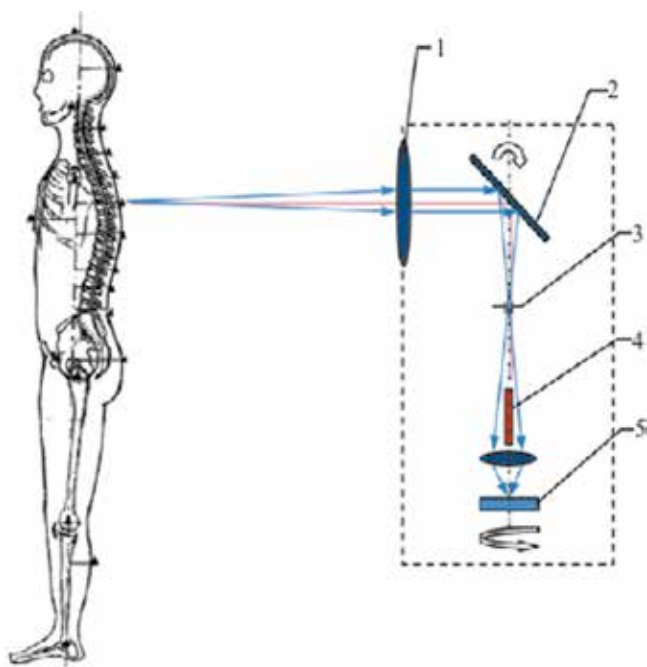


Рис. 1. Схема лазерного сканера: 1 – объектив; 2 – наклонное зеркало; 3 – диафрагма; 4 – источник излучения; 5 – узел фотоприемника

Pic. 1. Laser scanner scheme: 1 – lens; 2 – inclined mirror; 3 – diaphragm; 4 – radiation source; 5 – photodetector unit

Для достоверного анализа характеристик нарушений осанки на основании данного способа дифференцированной оценки осанки разработана компьютерная программа, которая позволяет установить возрастные нормы для каждой категории обследуемых. Программа позволяет выявлять норму с учетом особенности конституционного строения обследуемых нормостенического, астенического и гиперстенического телосложения. Предложенная конструкция лазерного прибора для сканирования кожных покровов тела человека и компьютерная программа обеспечивают выявление нарушений тонуса формирующих осанку мышечных групп, что позволяет в автоматизированном режиме контролировать и подбирать оптимальные режимы коррекции.

Разработанный прибор портативен, может использоваться в учебных заведениях. Метод такого трехмерного лазерного оптического сканирования не требует специального освещения, скорость обработки данных позволяет получать результаты в реальном масштабе времени в статическом и динамическом режимах.

Преимущество метода заключается в том, что определение состояния позвоночника обследуемого проводят при нахождении его в привычной позе и в вертикальном положении, обеспечивающем нормальный тонус формирующих осанку мышц (рис. 2). Нарушения осанки определяют по углам отклонения от вертикальной оси тела в сагиттальной (в профиль) плоскости, проходящей через центр тяжести, алгоритм программы автоматически определяет важнейшие точки костного скелета характеризующие осанку, в частности, положение остистых отростков V и VII шейных позвонков, остистых отростков III, VI, IX и XII грудных позвонков, III и V поясничных позвонков и углы их отклонения к вертикали, маркирующее положение тела обследуемого, что важно для педагогического контроля осанки. Лазерный трехмерный сканер дает возможность оценить

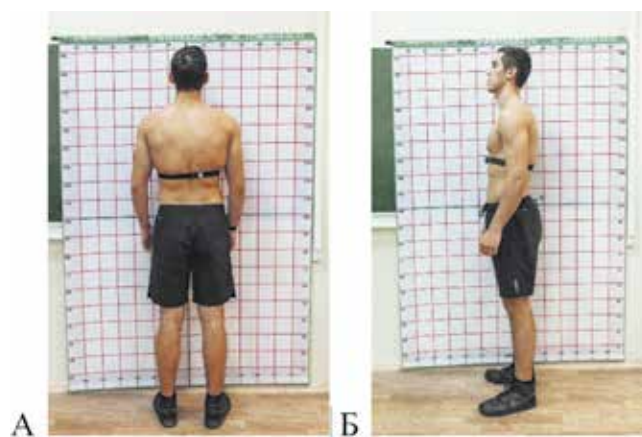


Рис. 2. Виды свободного вертикального положение обследуемого во фронтальной и сагиттальной плоскостях. А – вид сзади; Б – боковой вид (в профиль)

Pic. 2. Types of free vertical position of the subject in the frontal and sagittal planes. A – rear view; B – side view (in profile)

состояние осанки по трехмерной модели: вид спереди, вид сзади, правый и левый боковые виды (рис. 3). Зарегистрированные и сохраненные в памяти компьютера данные позволяют констатировать вид и степень выявленных нарушений осанки и на основании этих данных рекомендовать выбор оптимальной тактики коррекции выявленных нарушений.

Суждение о характере и выраженности нарушений осанки составляют по степени отклонений этих точек на теле от признанных нормативными физиологических изгибов в каждой возрастно-половой группе обследуемых.

Так, при превышении нормативов отклонений в сагиттальной плоскости в грудном отделе позвоночника, осанку считают «кифотической или плоской», при отклонениях в поясничном отделе позвоночника осанку считают «лордотической» и т.д. Соответственно делается вывод о слабом развитии соответствующих мышц, формирующих осанку, и нарушении сбалансированности тонуса мышечного корсета [7]. Зарегистрированные и сохраненные в памяти прибора данные позволяют констатировать вид и степень выявленных нарушений осанки в том числе и в динамике, тем самым контролировать эффективность применяемых реабилитационных мероприятий [8].

Обследованы 24 обучающихся 17-19 лет 1-3 курсов Московского филиала академии водного транспорта (МГАВТ), у которых на медицинских осмотрах выявлены однотипные нарушения осанки в виде начальных проявлений сколиотической болезни грудного отдела позвоночника с углом искривления позвоночника по В.Д. Чаклину от 3 до 5° («идеопатический сколиоз I степени»). Испытуемые разделены на 2 группы: контрольную и основную. Контрольную группу (КГ) составили 12 студентов (6 юношей и 6 девушек), которые занимались в академии с использованием общепринятой оздоровительной физической культуры, включающей занятия

лечебной гимнастикой в зале 3 раза в неделю по 45 мин. На этих занятиях выполнялись общеукрепляющие симметричные и асимметричные корректирующие силовые упражнения в сочетании с упражнениями на координацию и равновесие, обеспечивающие, как предполагается, укрепление глубоких и поверхностных мышц спины, брюшного пресса, грудной клетки, т.е. направленные на укрепление мышечного корсета в целом [9]. В основную группу (ОГ) включены также 12 обучающихся (4 юноши и 8 девушек), которым дополнительно к названной методике в коррекционную программу были включены занятия фитнес-аэробикой 2 раза в неделю с использованием специальных фитнес-упражнений, например, из исходного положения лёжа испытуемые выполняли упражнения «лодочка» с полным разгибанием спины, втягиванием живота, руки максимально в верх и дальнейшими гребковыми движениями обоими руками. Также дополнительно к названным занятиям в этой группе были применены упражнения на баланс из исходного положения лёжа на животе с приподниманием левой руки и правой ноги, затем наоборот. В конце занятия проводили массаж с элементами стретчинга (растяжек), сочетающийся с дыхательными упражнениями для более эффективного расслабления и улучшения кровообращения мышц спины [10]. Каждое такое занятие длилось 30 мин. Длительность курса составляла 40 реабилитационных занятий. Исследование проведено в период с сентября по декабрь 2018 г. Таким образом, продолжительность наблюдения за каждым занимающимся в КГ и ОГ составила 12 недель.

Начальными и конечными точками исследования эффективности применения описанного реабилитационного курса был анализ результатов диапазонов физиологических колебаний нормы и степеней нарушения при морфофункциональных исследованиях позвоночника у испытуемых обеих групп, выявленных с помощью опи-

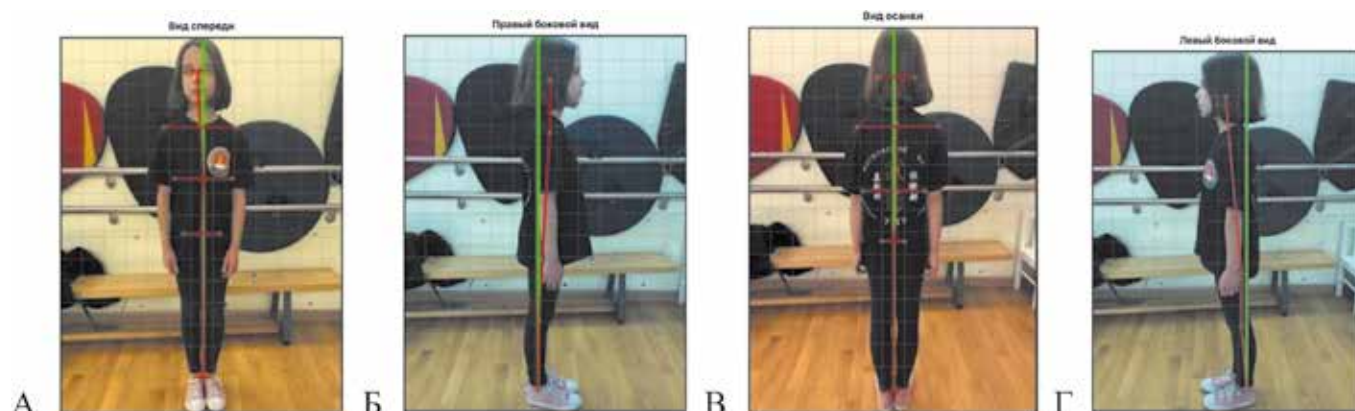


Рис. 3. Виды свободного вертикального положения обследуемой с уклоном в верхнегрудном отделе позвоночника. А – вид спереди; Б – правый боковой вид с уклоном к вертикали в верхнегрудном отделе позвоночника (угол уклона γ 2°); В – вид сзади; Г – левый боковой вид с уклоном к вертикали в верхнегрудном отделе позвоночника (угол уклона γ 3,5°).

Pic. 3. Types of free vertical position of the examinee with a slope in the upper thoracic spine. А –front view; В – right side view with a slope to the vertical in the upper thoracic spine (slope angle γ 2°); В – rear view; Г – left side view with a slope to the vertical in the upper thoracic spine (slope angle γ 3,5°).

санного метода трехмерного лазерного сканирования (АПК «Осанкомер»).

1.3 Результаты и их обсуждение

В начале эксперимента в ходе исследования получены результаты положения углов наклона позвоночника к вертикали, а именно углов наклона крестцового отдела (α), пояснично-нижнегрудного отдела (β), верхнегрудного отдела (γ) в свободном вертикальном положении тела, а также при максимальном сгибании, при максимальном разгибании и дополнительно при наклонах в стороны вправо (bd) и влево (bs), представленные в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, сравнительный анализ полученных результатов до эксперимента (ДЭ) в обеих группах демонстрирует значительную степень функциональных нарушений в верхнегрудном, нижнегрудном, поясничном и пояснично-крестцовом отделах позвоночника – углы наклона к вертикали α , β , γ как в КГ, так и в ОГ превысили нормативные показатели от 9,8% до 11,95%. После эксперимента (ПЭ) по завершении курса, составившего, как сказано выше, 40 реабилитационных занятий, с достаточной степенью достоверности у испытуемых в основной группе (ОГ) по сравнению с контрольной группой (КГ) получена положительная динамика изучаемых показателей, а именно, как видно из таблицы 1, названные углы наклона крестца (α), пояснично-нижнегрудного (β), верхнегрудного (γ) отделов позвоночника в свободном вертикальном положении

тела, при максимальном сгибании, при максимальном разгибании и дополнительно при наклонах в стороны вправо (bd) и влево (bs) уменьшились на 3-3,5° и приблизились к нормативным показателям, в то время как у испытуемых контрольной группы – в пределах, не превысивших 1°. Цифровые различия оцениваемых признаков в сравниваемых группах считались статистически достоверными, если риск ошибки (p) был равен, или оказывался меньше значения 0,05 ($p \leq 0,05$). Таким образом, подобную положительную динамику у обучающихся в основной группе есть основания характеризовать как нормализацию морфофункционального состояния позвоночника, улучшение силовой выносливости мышечного корсета и нервно-мышечной аппарата у названного контингента обследуемых в целом.

Нарушения осанки, обусловленные в первую очередь возникновением начальных проявлений сколиотической болезни (I степень), продолжают оставаться одной из основных медицинских проблем у представителей учащейся молодежи. Основными детерминантами этой проблемы являются:

- 1) непрерывно возрастающие учебные нагрузки;
- 2) пренебрежение правилами гигиены в организации учебного процесса в образовательных учреждениях;
- 3) чрезмерное увлечение студентов современными информационными системами при отсутствии должной двигательной активности. Тем самым создаются усло-

Таблица 1

Диапазоны физиологических колебаний нормы и степеней нарушения при морфофункциональных исследованиях позвоночника в градусах

Table 1

Ranges of physiological fluctuations of the norm and degrees of irregularities in morphological and functional studies of the spine in degrees

Положение позвоночника/ Spine's position	Угол/ angle	Норма (°)/ Norm(°)	Степень функциональных нарушений у испытуемых в группах/ Degree of functional disorders in subjects in groups				Достоверность различий (P)/ The slopes in sides (degrees)
			КГ/control group (CG)		ОГ/major group(MG)		
			ДЭ	ПЭ	ДЭ	ПЭ	
Свободное вертикальное положение (градусы)/ Freevertical position (degrees)	α	7 – 13	17 – 18	16 – 17	14 – 16	10,5 – 12,5	≤ 0,05
	β	10 – 15	19 – 20	18 – 19	16 – 18	13 – 15	
	γ	9 – 14	18 – 19	17 – 18	15 - 17	12 – 14	
Максимальное сгибание (градусы)/ Maximum flexion (degrees)	α	60 – 80	51 – 60	50 – 59	51 – 59	48 – 56	≤ 0,05
	β	90 – 115	81 – 90	80 – 89	81 – 89	78 – 86	
	γ	130 –155	121 – 129	120 – 128	121 – 129	118 – 126	
Максимальное разгибание (градусы)/ Maximum extension (degrees)	α	0 – 3	4 – 6	3 – 5	4 – 6	1-3	≤ 0,05
	β	35 – 52	25 – 34	24 – 33	25 – 34	22 – 31	
	γ	36 – 50	26 – 35	25 – 34	26 – 35	23 – 33	
Наклоны в стороны (градусы)/ The slopes in sides (degrees)	bs	30 – 40	20 – 29	19 – 28	20 – 29	17 – 26	≤ 0,05
	bd	30 – 40	20 – 29	19 – 28	20 – 29	17 – 26	

Примечание: ДЭ – до эксперимента, ПЭ – после эксперимента

Note: BE – before the experiment, AE - after the experiment

вия, при которых в возрасте уже при поступлении в ВУЗ (17-19 лет) у значительной части студентов ослабевают мышцы, формирующие мышечный корсет, что приводит к нарушениям осанки и развитию начальных проявлений сколиотической болезни. Так по данным медицинской статистики за последние 5 лет различные виды нарушений осанки зафиксированы у 6-8% обучающихся в высших учебных заведениях [11]. В этой связи не теряет своей актуальности поиск новых, более эффективных средств профилактики и коррекции прогрессирующих патологических отклонений со стороны опорно-двигательного аппарата у названного контингента, которые позволили бы в максимально короткие сроки восстановить нарушенные функции позвоночника, в частности, скорректировать сколиотические нарушения осанки. Этому направлению и посвящено настоящее исследование.

1.4 Выводы

1) Сравнительная оценка и контроль эффективности коррекционных программ при нарушениях осанки у об-

учающихся показали большую эффективность обновленной фитнес-программы за счет статистически достоверной положительной динамики цифровых значений, характеризующих физиологические процессы нервно-мышечного регулирования глубоких мышц позвоночника при сколиотической болезни в виде уменьшения углов наклона осей позвоночника к вертикали α , β , γ на 3-3,5°.

2) Данные скрининг-диагностики нарушений осанки, получаемые с помощью АПК «Осанкомер», обладают достаточной информативностью и могут быть использованы при проведении научных исследований в практике развития физкультурно-оздоровительных технологий в качестве метода контроля эффективности при дальнейших разработках коррекционных фитнес-программ. Нормализация и последующее улучшение морфофункционального состояния опорно-двигательного аппарата представляются основополагающими для стабилизации патологического процесса и последующего закрепления навыков правильной осанки.

Список литературы

1. **Ефремов А.Ю., Трофимова Ю.С.** Типичные искривления позвоночника в детском и подростковом возрасте // Новое слово в науке: перспективы развития. 2015. Т.4, №2. С. 71-2.
2. **Пястолова Н.Б.** Физическая реабилитация при искривлении позвоночника // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2019. Т.4, №1. С. 123-9.
3. **Малыгина В.И.** Коррекция психосоматического здоровья детей с миопией при нарушении осанки средствами АФК // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2019. Т.4, №1. С. 142-5.
4. **Парыгина О.В.** Состояние физического воспитания студентов специальной медицинской группы со сколиозом // Материалы XXXVIII Научно-практической конференции научно-педагогических работников и обучающихся с международным участием «Экологический императив развития транспортной науки в XXI веке». М.: Алтаир-МГАВТ, 2017. С. 35-7.
5. **Овсепян В.А.** Особенности анатомо-функционального состояния позвоночника при нарушении осанки во фронтальной плоскости при начальных формах сколиоза. М.: Олимпия Пресс, 2011. 155 с.
6. **Воинов Р.Л.** Программа по обработке для дифференцированной оценки осанки человека. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662302 от 27.11.2014.
7. **Воинов Р.Л.** Применение лазерного сканирования для выявления нарушения осанки человека при массовых обследованиях // Научно-технический вестник информационных технологий, техники и оптики ИТМО. 2014. №2. С. 90-5.
8. **Веселовский В.П.** Практическая вертеброневрология и мануальная терапия. Рига, 1991. 344 с.
9. **Wang Y, Xie J, Zhang Y.** One-stage posterior approach and pedicle instrumentation for correction of scoliosis associated with Chiari I malformation in adolescent // Spine. 2014. Vol.39, №4. P. 294-9.
10. **Singhal R, Perry DC, Prasad S.** The use of routine preoperative magnetic resonance imaging in identifying intraspinal anomalies in patients with idiopathic scoliosis: a 10-year review // EurSpine J. 2013. Vol.22, №2. P. 355-9.

References

1. **Efremov AY., Trofimova YuS.** Typical spinal curvature in childhood and adolescence. New word in science: development prospects. 2015;4(2):71-2. Russian.
2. **Pyastolova NB.** Physical rehabilitation in spinal curvature. Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation. 2019;4(1):123-9. Russian.
3. **Malygina VI.** Correction of psychosomatic health of children with myopia in violation of posture by means of ROS. Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation. 2019;4(1):142-6. Russian.
4. **Parygina OV.** State of physical education of students of special medical group with scoliosis (Proceedings of the XXXVIII Scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers and students with international participation «Ecological imperative of transport science development in the XXI century»), Moscow, Altair-MGAVT, 2017. P. 35-7. Russian.
5. **Ovsepyan VA.** Features of anatomical and functional state of the spine in violation of posture in the frontal plane in the initial forms of scoliosis. Moscow, Olympia Press, 2011, 155 p. Russian.
6. **Woinov RL.** The program for processing for a differentiated assessment of the posture of the person. Certificate of state registration of computer programs № 2014662302 from November 27, 2014. Russian.
7. **Woinov RL.** The use of laser scanning to detect violations of human posture in mass surveys. Scientific and technical journal of information technologies, technology and optics ITMO. 2014;(2):90-5. Russian.
8. **Veselovsky VP.** Practical vertebroneurology and manual therapy. Riga, 1991. 344 p. Russian.
9. **Wang Y, Xie J, Zhang Y.** One-stage posterior approach and pedicle instrumentation for correction of scoliosis associated with Chiari I malformation in adolescent. Spine 2014;39(4):294-9.
10. **Singhal R, Perry DC, Prasad S.** The use of routine preoperative magnetic resonance imaging in identifying intraspinal anomalies in patients with idiopathic scoliosis: a 10-year review. EurSpine J 2013;22(2):355-9.

11. Xu, Enjie, Wei Shao, Heng Jiang, Tao Lin, Rui Gao, Xuhui Zhou. A Genetic Variant in GPR126 Causing a Decreased Inclusion of Exon 6 Is Associated with Cartilage Development in Adolescent Idiopathic Scoliosis Population // BioMed Research International. 2019. №11. P. 1-8. DOI: 10.1155/2019/4678969.

12. Onen, Mehmet Resid, Eyüp Varol, Muzaffer İlkey Tosun, Sait Naderi. Nontraumatic Myositis Ossificans as an Uncommon Cause of Scoliosis: Case Report and Review of the Literature // World Neurosurgery. 2019. №123. P. 208-11. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.259.

13. Lang, Chuandong, Zifang Huang, Wenyuan Sui, Muping Di, Shaofu He, Hengwei Fan, Yaolong Deng, Junlin Yang. Factors That Influence In-Brace Correction in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis // World Neurosurgery. 2019. №123. e597–603. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.228.

14. Szczygielski, Tomasz, Dawid Drózdź, Dawid Surmik, Agnieszka Kapuścińska, Bruce M. New Tomographic Contribution to Characterizing Mesosaurid Congenital Scoliosis // PLoS ONE. 2019. Vol.14, №2. P. 1-10. DOI: 10.1371/journal.pone.0212416.

15. Takeda, Kazuki, Ikuyo Kou, Shuji Mizumoto, Shuhei Yamada, Noriaki Kawakami, Masahiro Nakajima, Nao Otomo. Screening of Known Disease Genes in Congenital Scoliosis // Molecular Genetics & Genomic Medicine. 2018. Vol.6, №6. P. 966-74. DOI: 10.1002/mgg3.466.

16. Blomkvist, Annika, Kristina Olsson, Meta N Eek. The Effect of Spinal Bracing on Sitting Function in Children with Neuromuscular Scoliosis. Prosthetics and Orthotics International. 2018. Vol.42, №6. P. 592-8. DOI: 10.1177/0309364618774063..

11. Xu, Enjie, Wei Shao, Heng Jiang, Tao Lin, Rui Gao, Xuhui Zhou. A Genetic Variant in GPR126 Causing a Decreased Inclusion of Exon 6 Is Associated with Cartilage Development in Adolescent Idiopathic Scoliosis Population. BioMed Research International. 2019;(11):1-8. DOI: 10.1155/2019/4678969.

12. Onen, Mehmet Resid, Eyüp Varol, Muzaffer İlkey Tosun, Sait Naderi. Nontraumatic Myositis Ossificans as an Uncommon Cause of Scoliosis: Case Report and Review of the Literature. World Neurosurgery. 2019;(123):208-11. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.259.

13. Lang, Chuandong, Zifang Huang, Wenyuan Sui, Muping Di, Shaofu He, Hengwei Fan, Yaolong Deng, Junlin Yang. Factors That Influence In-Brace Correction in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. World Neurosurgery. 2019;(123):e597–603. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.11.228.

14. Szczygielski, Tomasz, Dawid Drózdź, Dawid Surmik, Agnieszka Kapuścińska, Bruce M. Rothschild. 2019. New Tomographic Contribution to Characterizing Mesosaurid Congenital Scoliosis. PLoS ONE. 2019;14(2):1-10. DOI: 10.1371/journal.pone.0212416.

15. Takeda, Kazuki, Ikuyo Kou, Shuji Mizumoto, Shuhei Yamada, Noriaki Kawakami, Masahiro Nakajima, Nao Otomo. Screening of Known Disease Genes in Congenital Scoliosis. Molecular Genetics & Genomic Medicine. 2018;6(6):966–74. DOI: 10.1002/mgg3.466.

16. Blomkvist, Annika, Kristina Olsson, Meta N Eek. The Effect of Spinal Bracing on Sitting Function in Children with Neuromuscular Scoliosis. Prosthetics And Orthotics International. 2018;42(6):592-98. DOI: 10.1177/0309364618774063.

Информация об авторах:

Марандыкина Оксана Викторовна, заведующая кафедрой физического воспитания МГАВТ – филиал ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова Министерства транспорта РФ, к.п.н., доцент. ORCID ID: 0000-0002-9155-5014 (+7 (915) 041-43-00, omarandykina@inbox.ru)

Матвеев Юрий Александрович, доцент кафедры адаптивной физической культуры ГАОУ ВО МГПУ Институт естествознания и спортивных технологий Департамента образования г. Москвы, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3723-2588

Information about the authors:

Oksana V. Marandykina, Ed.D, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education of the Moscow State Academy of Water Transport – branch of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. ORCID ID: 0000-0002-9155-5014 (+7 (915) 041-43-00, omarandykina@inbox.ru)

Yury A. Matveev, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Adaptive Physical Culture of the Institute of Natural Sciences and Sport Technologies of the Moscow City University. ORCID ID: 0000-0003-3723-2588

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 11.02.2019

Принята к публикации: 26.02.2019

Received: 11 February 2019

Accepted: 26 February 2019

Антропометрические и функциональные показатели спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле

Е.В. Харламов¹, Н.М. Попова¹, И.Н. Жучкова¹, Л.Ф. Сафонова¹, Л.В. Веселова²

¹ФГБОУ ВО Ростовский государственный медицинский университет,
Министерство здравоохранения РФ, г. Ростов-на-Дону, Россия
²ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет),
Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: определить морфофункциональные показатели спортсменов-юниоров борцов, определяющие их специализацию, квалификацию и тренированность в онтогенезе. **Материалы и методы:** обследованы 49 спортсменов-юниоров мужского пола училища Олимпийского резерва, занимающиеся спортивными единоборствами в греко-римском стиле в течение 6–10 лет. Использовали методику раннего отбора и ориентации в спорте Дорохова Р.Н. (1994) для определения антропометрических временных характеристик. Определяли также функциональные показатели: абсолютную и относительную физическую работоспособность, аэробную производительность, силовой индекс обеих рук, тип вегетативной регуляции. **Результаты:** у большинства борцов подростков кандидатов в мастера спорта (КМС) определен мезосомный, микрокорпулентный, микромезомышечный, микромезоостный и мезомакромебральный соматотип. При комплексном исследовании функциональных показателей у борцов показатели абсолютной и относительной физической работоспособности были выше у юношей КМС и составляли соответственно $1318,6 \pm 149,5$ кг·м/мин и $19,3 \pm 2,5$ кг·м/(мин·кг). Аэробная производительность выше у подростков перворазрядников и составила $51,8 \pm 9,36$ мл/(мин·кг). Силовые показатели кистей рук были выше у КМС юношей и составляли $70,6 \pm 6,37\%$ правой руки и $66,08 \pm 12,1\%$ левой руки, что объясняется компонентным составом тела юношей. У большинства борцов выявлена умеренная парасимпатикотония и эйтония. **Выводы:** методика соматотипирования Р.Н. Дорохова и В.Г. Петрухина (1994) позволяет спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле, дифференцировать по 3-м уровням варьирования: габаритному, компонентному и пропорционному и определять их специализацию, квалификацию и степень тренированности в онтогенезе.

Ключевые слова: юниоры, спортивные единоборства, соматотип, физическая работоспособность

Для цитирования: Харламов Е.В., Попова Н.М., Жучкова И.Н., Сафонова Л.Ф., Веселова Л.В. Антропометрические и функциональные показатели спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 28–32. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.28.

Anthropometric and functional characteristics of athletes involved in combat sports in the Greco-Roman style

*Evgeny V. Kharlamov¹, Nina M. Popova¹, Irina N. Zhuchkova¹, Lyudmila F. Safonova¹,
Lyudmila V. Veselova²*

¹Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia
²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to determine the morphological and functional parameters of athletes-junior wrestlers, determining their specialization, qualification and training in ontogenesis. **Materials and methods:** 49 male junior athletes of the school of Olympic reserve engaged in martial arts in the Greco-Roman style for 6–10 years were examined. We used the Dorokhov R.N. (1994) technique of selection and early orientation in sports to determine the anthropometric temporal characteristics. Following functional indicators were determined: absolute and relative physical performance, aerobic performance, power index eagerly, type of vegetative regulation. **Results:** the majority of fighters teenagers CMS had mesosomal, microcorpulent, micromesomelic, micromesic and mesomacromembral somatotype. A comprehensive study of the functional parameters of the wrestlers showed that indicators of absolute and relative physical performance were higher in young men CMS and were respectively 1318.6 ± 149.5 kg·m/min and 19.3 ± 2.5 kg·m/(min·kg). Aerobic performance was higher in adolescents and first-rank sportsmen: 51.8 ± 9.36 ml/(min·kg). The strength indices of the hands were higher in the young men's CMS and contributed to $70.6 \pm 6.37\%$ for the right hand and $66.08 \pm 12.1\%$ for the left hand, which was explained by the component body composition of the body of young men. Most of the wrestlers revealed moderate parasympathicotonia and amphotonic. **Conclusions:** the R.N. Dorokhova and V.G. Petrukina (1994) method of somatotyping allows to differentiate athletes, involved in martial arts in the Greco-Roman style, into 3 levels of variation: dimensional, component and proportion and to determine their specialization, qualification and degree of training in ontogenesis.

Key words: juniors, combat sports, somatotype, physical efficiency

For citation: Kharlamov EV, Popova NM, Zhuchkova IN, Safonova LF, Veselova LV. Anthropometric and functional characteristics of athletes involved in combat sports in the Greco-Roman style. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):28–32. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.28.

1.1 Введение

В спортивной медицине при комплексном функциональном исследовании организм рассматривается как единое целое с множеством саморегулирующихся и взаимосвязанных подсистем [1, 2]. Такое исследование представляет собой единство клинических, морфологических и функциональных методов исследования, что созвучно современному направлению в медицине, в частности учению о функциональной системе [3, 4].

Эффективность двигательной активности человека зависит от морфологических показателей, морфотипа (или соматотипа) человека [5, 6]. Под соматотипом принято понимать морфологические проявления конституции. На современном этапе развития знаний конституцию можно определять, как единство морфологической и функциональной организации человека, отражающиеся в индивидуальных особенностях его структуры и функции [7].

Цель исследования – определить морфофункциональные показатели спортсменов-юниоров борцов, определяющие их специализацию, квалификацию и тренированность в онтогенезе.

1.2 Материалы и методы

Обследованы 49 спортсменов-юниоров мужского пола училища Олимпийского резерва, занимающиеся спортивными единоборствами в греко-римском стиле в течение 6-10 лет. Критерием включения борца 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 [8]. Основными критериями разделения спортсменов на 3 группы явились возраст и квалификация. Так, I группа – 16 перворазрядников 14-16 лет; II группа – 22 кандидата в мастера спорта (КМС) 14-16 лет и III группа – 11 КМС 17-19 лет.

Соматотип спортсменов определяли с помощью методики соматотипирования Р.Н. Дорохова и В.Г. Петрухина, 1994. Определены габаритный уровень варьирования (ГУВ), компонентный уровень варьирования (КУВ), пропорционный уровень варьирования (ПУВ) и биологическая зрелость на основе измерений варианта развития [8].

Проведено комплексное исследование функциональных показателей спортсменов: абсолютная (кг·м/мин) и относительная физическая работоспособность (ФР) (кг·м/(мин·кг)) методом велоэргометрии по тесту PWC 170 на велоэргометре Siemens, модель EN 840. Применяли 2-3 ступенеобразные прерывистые нагрузки длительностью по 4 минуты с 3-х минутными периодами отдыха. Мощность 1-й нагрузки определялась из расчета 0,7-1 Вт/кг с дальнейшим увеличением на ту же величину. В автоматическом режиме регистрировали пульс, артериальное давление и электрокардиограмму. Нагрузку прекращали по достижению PWC 170 или на пороговом уровне. Расчетным методом определяли аэробную про-

изводительность (АП) (мл/(мин·кг)). Методом динамометрии определяли силовые показатели (ДП – динамометрия правой кисти, ДЛ – динамометрия левой кисти, %). Методом вариационной кардиоинтервалографии по Р.М. Баевскому [9] определяли уровни вегетативного обеспечения, позволивший оценить соотношение тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

Статистическую обработку осуществляли с помощью пакета стандартных компьютерных программ математической статистики «Microsoft Office Excel 2010» и «Statistica 6.0», применяли стандартный метод вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента и непараметрический критерий Манна-Уитни. При корреляционном анализе зависимостей нескольких переменных, значения которых подчинялись нормальному распределению, применяли параметрический коэффициент корреляции Пирсона. Значения количественных переменных представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное (среднее квадратичное) отклонение. Для описания качественных признаков использовали абсолютные значения и частотные показатели (проценты). Указывали значение вероятности (p), выбирали уровень статистической значимости равный 0,05. Результаты считали статистически достоверными при $p \leq 0,05$.

1.3 Результаты и их обсуждение

По результатам соматотипирования (табл. 1) ГУВ был представлен в каждой группе спортсменов-юниоров разными соматотипами, но чаще встречались мезосомы и мезомакросомы. Однако, при анализе КУВ, по жировой массе все обследуемые отнесены к микрокорпулентному, по мышечной ткани у спортсменов КМС старшей возрастной группы и большинство КМС 14-16 лет определён мезомышечный тип, а у перворазрядников и 2 спортсменов КМС подростков – микромышечный. Костная ткань у большинства обследованных отнесены к микроостному типу, а пропорции тела у 17-18-летних КМС – мезомебральные, у 14-16-летних КМС и перворазрядников – мезомебральные, мезомакромебральные. Вариант развития у юниоров «растянутый».

При комплексном исследовании функциональных показателей (табл. 3) у борцов показатели абсолютной и относительной ФР были выше у юношей КМС и составляли соответственно $1318,6 \pm 149,5$ кг·м/мин и $19,3 \pm 2,5$ кг·м/(мин·кг), равнялась значениям взрослых спортсменов [10]. Аэробная производительность выше у подростков перворазрядников и составила $51,8 \pm 9,36$ мл/(мин·кг). При корреляционном анализе выявлены достоверно значимые сильные отрицательные связи аэробной производительности (АП) от габаритного уровня варьирования (ГУВ) у подростков перворазрядников коэффициент корреляции равнялся $-0,91$, у подростков КМС $r = -0,79$, у юношей КМС $r = -0,82$, сильная положительная связь абсолютной физической работоспособности (АФР) от габаритного уровня варьирования (ГУВ) у борцов подростков КМС $r = 0,75$.

Таблица 1

Средние показатели соматотипирования (у.е.) по Р.Н. Дорохову и В.Г. Петрухину

Table 1

Averages of somatotyping (c.u.) by Rn. Dorokhova and V. G. Petrukhina

	I группа/I group	II группа/II group	III группа/III group
Габаритный уровень варьирования/Overall level of variation	0,45±0,18	0,55±0,17	0,48±0,16
Жировая масса/Fat mass	0,33±0,17	0,33±0,17	0,33±0,15
Мышечная масса/Muscle mass	0,36±0,11	0,42±0,12	0,46±0,08
Костная масса/Bone mass	0,37±0,06	0,42±0,09	0,37±0,09
Пропорционный уровень варьирования/Proportion level of variation	0,56±0,11	0,59±0,12	0,49±0,13
Вариант развития/ Developmental variation	0,32±0,13	0,31±0,09	0,39±0,17

Таблица 2

Оценка уровней варьирования в условных единицах

Table 2

Estimation of levels of variation in conventional units

у.е.	Габаритный уровень варьирования/ Overall level of variation	Жировая масса/ Fat mass	Мышечная масса/ Muscle mass	Костная масса/ Bone mass	Пропорционный уровень варьирования/Proportion level of variation
0-0,200	наносомный	нано-корпулентный	наномышечный	наноостный	наномембральный
0,201-0,386	микросомный	микрокорпулентный	микромышечный	микроостный	микромембральный
0,387-0,466	микромезосомный	микромезокор- пулентный	микромезо- мышечный	микромезоостный	микромезомембральный
0,467-0,534	мезосомный	мезокорпулентный	мезомышечный	мезоостный	мезомембральный
0,535-0,614	мезомакросомный	мезомакрокор- пулентный	мезомакро- мышечный	мезомакроостный	мезомакромембральный
0,615-0,800	макросомный	макрокорпулентный	макромышечный	макроостный	макромембральный
0,800-1,00	мегалсомный	мегалоко- пулентный	мегаломышечный	мегалоостный	мегаломембральный

Таблица 3

Результаты комплексного исследования функциональных показателей спортсменов-юниоров борцов

Table 3

The results of a comprehensive study of the functional indicators in athletes-Junior wrestlers

	1 группа/1 group	2 группа/2 group	3 группа/3 group
Абсолютная физическая работоспособность, кг·м/мин/ Absolute physical efficiency, kg·m/min	1020±234,1	1049,7±230,9	1318,6±149,5
Относительная физическая работоспособность, кг·м/(мин·кг)/ Relative physical efficiency, kg·m/min	17,5±3,6	16,7±2,26	19,3±2,5
Аэробная производительность, мл/(мин·кг)/Aerobic performance, ml/(min·kg)	51,8±9,36	47,2±6,6	51,2±6,5
Динамометрия правой кисти/Dynamometry of right hand, %	64,4±8,07	65,9±6,9	70,6±6,37
Динамометрия левой кисти/Dynamometry of left hand, %	62,3±9,07	63,7±5,8	66,08±12,1

Силовые показатели (табл. 3) кистей рук были выше у КМС юношей и составляли 70,6±6,37% правой руки и 66,08±12,1% левой руки, что объясняется КУВ юношей.

Хорошая спортивная форма предполагает сбалансированность регулирующих систем. Физиологической основой для этого является взаимодействие симпати-

ческого и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и гуморальных влияний. Уровень регуляции у обследуемых был следующий: у 9 подростков КМС – симпатикотония, у 4 подростков КМС – умеренная парасимпатикотония, у остальных КМС и перворазрядников – нормотония. Умеренная парасим-

патикотония и нормотония, выявленные у спортсменов, свидетельствуют о тренированности, симпатикотония – о недостаточной тренированности или переутомлении [11, 12]. Следовательно, уровни функционирования их вегетативных систем уже столь совершенны, что позволяет им достичь уровня ФР взрослых спортсменов.

1.4 Выводы

Спортсмены-юниоры по греко-римской борьбе независимы от возраста и квалификации относятся к различным соматотипам по ГУВ, однако доминируют мезосоматические типы.

У большинства обследованных спортсменов имеет место микрокорпулентия. У КМС юношей и 80% КМС подростков мышечная ткань развита средне, у перворазрядников мышечная ткань слаборазвита.

Список литературы

1. Жучкова И.Н. Конституционно-типологические модельные характеристики ведущих легкоатлетов-юниоров // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. №4. С. 5-9.
2. 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. №3. С. 76-80.
3. Фудин Н.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Зилов В.Г., Борисова О.Н. Влияние различных видов спорта на деятельность функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.9, №1. С. 21.
4. Firsin SA. Modern problems of upbringing and organization of recreation for children and young people // Intern. J. experimental education. 2013. №2. P. 4-6.
5. Lizana PA, Olivares R, Berral FJ. Somatotype tendency in Chilean adolescents from Valparaíso: review from 1979 to 2011 // Nutr Hosp. 2014. Vol.31, №3. P. 1034-43. DOI: 10.3305/nh.2015.31.3.8425.
6. Martín-Matillas M, Valadés D, Hernández-Hernández E, Olea-Serrano F, Sjöström M, Delgado-Fernández M, Ortega FB. Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league // J Sports Sci. 2014. Vol.32, №2. P. 137-48. DOI: 10.1080/02640414.2013.809472. Epub 2013 Jul 24.
7. Li-Tao Yang, Ning Wang, Zeng-Xian Li, Cui Liu, Xin He, Jian-Fei Zhang, Hua Han, You-Feng Wen. Study on the adult physique with the Heath-Carter anthropometric somatotype in the Han of Xi'an, China // Anatomical Science International. 2016. Vol.91, №2. P. 180-7. DOI: 10.1007/s12565-015-0283-0.
8. 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.
9. 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 вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии, 2001. №24. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestar.ru/article.jsp?id=1267>

Абсолютная и относительная физическая работоспособность у КМС юношей соответствует значениям взрослых спортсменов. Аэробная производительность у КМС юношей средняя, у КМС подростков снижена. Силовые показатели выше у КМС отнесенных по ГУВ к макро- и мезомакросоматическим типам.

Умеренная парасимпатикотония и нормотония свидетельствует о наличии тренированности и отсутствие переутомления в предсоревновательном периоде у КМС юношей и перетренированности 9 подростков КМС.

Таким образом, методика соматотипирования Р.Н. Дорохова и В.Г. Петрухина позволяет спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами в греко-римском стиле, дифференцировать по 3-м уровням варьирования: ГУВ, КУВ и ПУВ и определять их специализацию, квалификацию и степень тренированности в онтогенезе.

References

1. Zhuchkova IN. Model characteristics of constitution types of leading junior athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2015;(4):5-9. Russian.
2. Zhuchkova IN, Kharlamov EV, Popova NM. Constitutional-typological characteristics of junior athletes (swimmers and rowers). Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2015;(3):76-80. Russian.
3. Fudin NA, Eskov VM, Filatova OE, Zilov VG, Borisova ON. Influence of various sports on the activity of the functional systems of the human body. Bulletin of new medical technologies. 2015;9(1):21. Russian.
4. 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/article/view?id=3565> (accessed 21 February 2017).
5. Lizana PA, Olivares R, Berral FJ. Somatotype tendency in Chilean adolescents from Valparaíso: review from 1979 to 2011. Nutr Hosp. 2014;31(3):1034-43. DOI: 10.3305/nh.2015.31.3.8425.
6. Martín-Matillas M, Valadés D, Hernández-Hernández E, Olea-Serrano F, Sjöström M, Delgado-Fernández M, Ortega FB. Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. J Sports Sci. 2014;32(2):137-48. DOI: 10.1080/02640414.2013.809472. Epub 2013 Jul 24.
7. Li-Tao Yang, Ning Wang, Zeng-Xian Li, Cui Liu, Xin He, Jian-Fei Zhang, Hua Han, You-Feng Wen. Study on the adult physique with the Heath-Carter anthropometric somatotype in the Han of Xi'an, China. Anatomical Science International. 2016;91(2):180-7. DOI: 10.1007/s12565-015-0283-0.
8. Dorokhov RN, Guba VP, Petrukhin VG. Methods of early selection and orientation in sports. Medical and pedagogical aspects of training young athletes. Smolensk, 1994. 121 p. Russian.
9. Baevskiy RM, Ivanov GG, Chireykin LV, Gavrilushkin AP, Dovgalevskiy PYa, Kukushkin YuA, Mironova TF, Prilutskiy DA, Semenov AV, Fedorov VF, Fleyshman AN, Medvedev MM. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines). Bulletin of arrhythmology. (2001). Available at: <http://www.vestar.ru/article.jsp?id=1267> (accessed 21 February 2017). Russian.

10. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.

11. Харламов Е.В., Попова Н.М., Жучкова И.Н., Менькова А.В. Характеристика состояний тренированности гребцов подросткового возраста // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. №4. С. 42-8. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.42.

12. James LP, Haff GG, Kelly VG, Beckman EM. Towards a Determination of the Physiological Characteristics Distinguishing Successful Mixed Martial Arts Athletes: A Systematic Review of Combat Sport Literature // Sports Med. 2016. Vol.46, №10. P. 1525-51. DOI: 10.1007/s40279-016-0493-1.

10. Karpman VL, Belotserkovskiy ZB, Gudkov IA. Testing in sports medicine. Moscow, Physical Education and Sport, 1988. 208 p. Russian.

11. 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;(4):42-8. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.4.42. Russian.

12. James LP, Haff GG, Kelly VG, Beckman EM. Towards a Determination of the Physiological Characteristics Distinguishing Successful Mixed Martial Arts Athletes: A Systematic Review of Combat Sport Literature. Sports Med. 2016;46(10):1525-51. DOI: 10.1007/s40279-016-0493-1.

Информация об авторах:

Харламов Евгений Васильевич, заведующий кафедрой физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-2816-167X

Попова Нина Михайловна, ассистент кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-1168-7568

Жучкова Ирина Николаевна, старший лаборант кафедры физической культуры, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-7372-0303 (+7 (918) 502-52-71, 003zhuchkova@gmail.com)

Сафонова Людмила Федоровна, ассистент кафедры травматологии и ортопедии, лечебной физкультуры и спортивной медицины ФПК и ППС ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3996-4344

Веселова Людмила Валерьевна, доцент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), к.м.н.

Information about the authors:

Evgeny V. Kharlamov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Rostov State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-2816-167X

Nina M. Popova, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Rostov State Medical University. ORCID ID: 0000-0003-1168-7568

Irina N. Zhuchkova, Senior Laboratory Assistant of the Department of Physical Training, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine Rostov State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-7372-0303 (+7 (918) 502-52-71, 003zhuchkova@gmail.com)

Lyudmila F. Safonova, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Department of Traumatology and Orthopedics, Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Rostov State Medical University. ORCID ID: 0000-0003-3996-4344

Lyudmila V. Veselova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 23.11.2018

Принята к публикации: 21.12.2018

Received: 23 November 2018

Accepted: 21 December 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.33

УДК: 613.2:577

Об использовании витаминов в питании спортсменов

Р.М. Раджабкадиев, О.А. Вржесинская, В.М. Коденцова

*ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи,
Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка содержания витаминов в основном и дополнительном рационах питания высококвалифицированных спортсменов в предсоревновательный период спортивной деятельности. **Материалы и методы:** обследованы 159 высококвалифицированных спортсменов обоего пола (92 мужчины, средний возраст $21,7 \pm 0,8$ года; 67 женщин, $23,1 \pm 1,5$ года) на базе Центра лечебной физкультуры и спортивной медицины ФМБА России. Содержание витаминов в основном и дополнительном рационах оценивали анкетно-опросным методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания, используя «Альбом порций продуктов и блюд», по данным химического состава фактически потребленных продуктов и блюд. Обработку и анализ данных проводили общепринятыми статистическими методами. **Результаты:** основной рацион питания спортсменов не обеспечивает адекватного поступления витаминов. Наиболее выраженный дефицит витаминов группы В и витамина С в основном рационе отмечался у спортсменок-бобслеисток. Достичь рекомендуемого уровня позволяет только дополнительное потребление спортсменами содержащих в весомых дозах витамины специализированных продуктов для питания спортсменов и биологически активных добавок (БАД) к пище. У некоторых спортсменов при этом потребление витаминов В₁ и В₂ с обогащающими добавками превысило верхний допустимый уровень в составе БАД к пище и специализированных пищевых продуктов. **Выводы:** обсуждается необоснованность использования в питании спортсменов чрезмерно высоких доз витаминов-антиоксидантов. Перед принятием решения об использовании той или иной витаминсодержащей добавки и доз содержащихся в ней витаминов необходима полная оценка индивидуального питания каждого спортсмена.

Ключевые слова: витамины, потребление, спортсмены, витаминно-минеральные комплексы, дозы витаминов

Для цитирования: Раджабкадиев Р.М., Вржесинская О.А., Коденцова В.М. Об использовании витаминов в питании спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 33-40. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.33.

On the use of vitamins in the nutrition of professional athletes

Radzhabkadi M. Radzhabkadiyev, Oksana A. Vrzhesinskaya, Vera M. Kodentsova

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: assessment of the vitamin content in the basic and supplementary diets of highly qualified athletes in the pre-competition period of sports activities. **Materials and methods:** 159 highly skilled athletes of both sexes participated in the study (92 men, mean age 21.7 ± 0.8 years, 67 women, 23.1 ± 1.5 years). Studies were carried out on the basis of the Center for Physiotherapy and Sports Medicine of FMBA. The content of vitamins in the basic and supplementary diets was estimated by the questionnaire method of 24-hour (daily) nutrition reproduction using the «Album of Food and Food Portions», according to the chemical composition of the actually consumed foods and dishes. The processing and analysis of data was carried out by standard statistical methods. **Results:** the basic diet of athletes does not provide adequate intake of vitamins. The most pronounced deficiency of B vitamins and vitamin C in the basic diet was noted in female bobsleighters. Only additional consumption of weighty doses of vitamins and specialized products for nutrition of athletes and dietary supplements allows reaching the recommended level. Some sportsmen have exceeded thus consumption of vitamins В₁ and В₂ with enriching additives in supplements and specialized foodstuff. **Conclusions:** the groundlessness of using in the diet of athletes excessively high doses of antioxidant vitamins is discussed. Before making a decision about the use of a vitamin supplement and doses of vitamins contained in it, a complete assessment of the individual diet of each athlete is necessary.

Key words: vitamins, consumption, athletes, vitamin and mineral supplements, doses of vitamins

For citation: Radzhabkadiyev RM, Vrzhesinskaya OA, Kodentsova VM. On the use of vitamins in the nutrition of professional athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):33-40. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.33.

1.1 Введение

Рационы, используемые спортсменами в процессе тренировочной деятельности и соревнований, а также в период восстановления, не всегда обеспечивают потребности организма в энергии, макро- и микронутриентах [1, 2]. Так, в рационах элитных баскетболистов отмечали недостаток витамина А и ниацина [3]. В то же время не вызывает сомнений, что потребление макро- и микронутриентов у спортсменов высших достижений должно полностью обеспечивать их потребности [4-7]. Использование обогащающих добавок (витаминно-минеральные комплексы (ВМК), витаминсодержащие специализированные пищевые продукты) в питании с целью коррекции недостатка микронутриентов является обычной практикой и вносит определенный вклад в обеспечение ими спортсменов. Однако при выборе добавки необходимо соотносить пользу и риск от ее использования. Потенциально добавка может принести больше вреда, чем пользы, если ее выбор не основан на достоверном анализе питания. В то же время, если имеется дефицит эссенциального пищевого вещества, добавление недостающего микронутриента в рацион может обеспечить быстрое и эффективное решение проблемы [8, 9]. Рекомендации по потреблению ВМК должны быть обоснованными, индивидуализированными и учитывающими специфику видов спорта и интенсивности физической нагрузки [10,11].

Цель исследования – оценка содержания витаминов в основном и дополнительном рационах питания спортсменов, специализирующимися в различных видах спорта по данным фактического питания.

1.2 Материалы и методы

Исследование статуса питания спортсменов проводили в предсоревновательный период их спортивной деятельности на базе Центра лечебной физкультуры и спортивной медицины ФМБА России во время планового обследования. Все обследуемые дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи Минобрнауки России.

Обследованы 159 высококвалифицированных спортсменов (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного класса) обоего пола (92 мужчин и 67 женщин). Возраст мужчин составил $21,7 \pm 0,8$ лет (18-29 лет), женщин – $23,1 \pm 1,5$ лет (19-33 года). Обследованы следующие группы спортсменов:

- бобслеисты – 35 мужчин (разгоняющие – 28 и пилоты – 7) и 24 женщины (18 и 6, соответственно).
- биатлонисты (20 мужчин и 10 женщин)
- спортсмены, занимающиеся пулевой стрельбой (37 мужчин и 33 женщин).

Дополнительно к базовому питанию, организованному на тренировочной базе по типу самообслуживания, спортсмены получали специализированные пищевые

продукты, предназначенные для этой категории лиц, и/или биологически активные добавки (БАД) к пище – преимущественно витаминно-минеральные комплексы.

Сбор данных о фактическом питании обследуемых проводили анкетно-опросным методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания с использованием «Альбома порций продуктов и блюд» [12]. Расчет потребления витаминов и энергии проводили по данным химического состава фактически потребленных продуктов и блюд [13]. При расчете потребления витамина А учитывали его поступление в форме ретинола из продуктов животного происхождения и бета-каротина из продуктов растительного происхождения (коэффициент пересчета 1:12 [14]).

Результаты исследований представляли в виде средней и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Оценка достоверности различий средних величин проведена с использованием t-критерия Стьюдента для независимых переменных.

1.3 Результаты и их обсуждение

Потребление спортсменами витаминов за счет базового рациона

В фоновом рационе питания имел место дефицит витамина А у спортсменов из всех групп вне зависимости от пола обследованных (рис. 1). Ближе всего к рекомендуемому уровню находилось потребление ретинола и бета-каротина у мужчин бобслеистов (разгоняющие). Недостаток витамина А в их рационе обнаруживался в 1,9-3,3 раза реже. Содержание каротина не достигало адекватного уровня потребления у всех обследованных женщин.

За исключением мужчин-бобслеистов у остальных спортсменов среднее поступление с основным рационом витаминов С, Е и группы В не достигало рекомендуемого. Наиболее заметным был недостаток витаминов у женщин, занятых в бобслее (рис. 1 и табл. 1).

Согласно рекомендациям, принятым в последние годы в некоторых странах, потребность организма в витаминах группы В (B_1 , B_2 и РР) выражают в расчете на калорийность. Так, в расчете на 10000 кДж потребность в витамине B_1 варьирует от 1,0 до 1,4 мг, в витамине B_2 – составляет 1,4-1,7 мг, в ниацине – 16 мг [15-17]. Для оценки витаминной ценности рационов спортсменов было рассчитано количество поступающих с рационом витаминов на 1000 ккал. Данные представлены в табл. 2 и на рис. 2. И при такой оценке потребление витаминов у значительного количества спортсменов не достигало рекомендуемого уровня.

При этом обращает на себя внимание, что в расчете на энергетическую ценность рациона потребление витаминов группы В, не достигающее рекомендуемого уровня, у спортсменов выявлялось реже, чем при оценке по абсолютным величинам поступления с рационом.

Таблица 1

Частота (в %) сниженного содержания витаминов в основном рационе

Table 1

The frequency (in %) of the reduced content of vitamins in the basic diet

Микронутриент/ Micronutrient	Пулевая стрельба/ Bulletshooting		Биатлон/Biathlon		Бобслей (разгоняющие)/ Bobsleigh (overclocking)		Бобслей (пилоты)/ Bobsleigh (pilots)	
	Муж./Male	Жен./Female	Муж./Male	Жен./Female	Муж./Male	Жен./Female	Муж./Male	Жен./Female
витамин С/ vitamin C	68,5	75,8	73,3	58,3	60,0	80,0	50,0	100
бета-каротин/ betacarotene	71,4	100	87,5	100	75,0	100	100	100
витамин А/ vitamin A	57,1	75,8	75,0	66,6	30,0*°	100	62,5	100
витамин Е/vitamin E	42,8	72,4	75,0*	75,0	50,0	70,0	38,0*	67,0
витамин В ₁ / vitamin B ₁	82,8	93,1	75,0	83,3	40,0*°	90,0	62,5	100
витамин В ₂ / vitamin B ₂	62,8	68,9	81,2	66,6	45,0°	90,0	50,0	100
витамин РР/ vitamin PP	68,5	82,7	68,7	83,3	40,0	90,0	62,5	100

Примечание: статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от частоты среди:

Note: a statistically significant difference ($p < 0,05$) from

* – спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой;

* – athletes involved in bullet shooting;

° – биатлонистов;

° – biathletes;

– разгоняющих в бобслее;

– bobsleigh (overclocking);

Дополнительное потребление витаминов

Дополнительно к основному рациону спортсмены разной специализации получали различные специализированные пищевые продукты для питания спортсменов и/или БАД к пище, содержащие витамины и минеральные вещества. На рис. 2 представлено выраженное в % от рекомендуемой нормы потребления (РНП) суммарное потребление микронутриентов за счет основного рациона и дополнительного приема микронутриентов.

Обогащение основного рациона витамином А за счет приема специализированных продуктов для питания спортсменов и/или ВМК позволило восполнить в рационе содержание данного микронутриента у спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе (мужчины), биатлоне (мужчины и женщины) и у мужчин бобслеистов (разгоняющие). У спортсменов из остальных групп поступление этого витамина не достигло рекомендуемых норм. Вместе с тем следует отметить, что у 2 спортсменов поступление витамина А стало высоким и приблизилось к верхнему безопасному уровню его потребления – 3000 мкг РЭ/сут [18], чего не следует допускать.

Поступление витаминов В₁ и В₂ с обогащающими добавками превысило верхний допустимый уровень их

потребления в составе БАД к пище и специализированных пищевых продуктов («Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» Таможенного союза ЕврАзЭС). Аналогичным образом чрезмерно высоким оказалось суммарное потребление витаминов С и Е.

Разумеется, что в некоторой степени столь высокие дозы могут объясняться неточным учетом поступления этого витамина за счет витаминсодержащих добавок. Однако следует иметь в виду, что высокие дозы содержащегося в этих добавках альфа-токоферола могут оказывать прооксидантный эффект, смещая равновесие с другими важными антиоксидантами, в частности, с γ-токоферолом, конкурируя при абсорбции в желудочно-кишечном тракте с другими важными пищевыми веществами [19]. Таким образом, потребление витамина Е в дозах, превышающих 50 мг ТЭ/сут, представляется нецелесообразным.

1.4 Выводы

Основной рацион питания обеспечивает адекватное поступление витаминов не у всех обследованных спортсменов. Только дополнительное включение в рацион

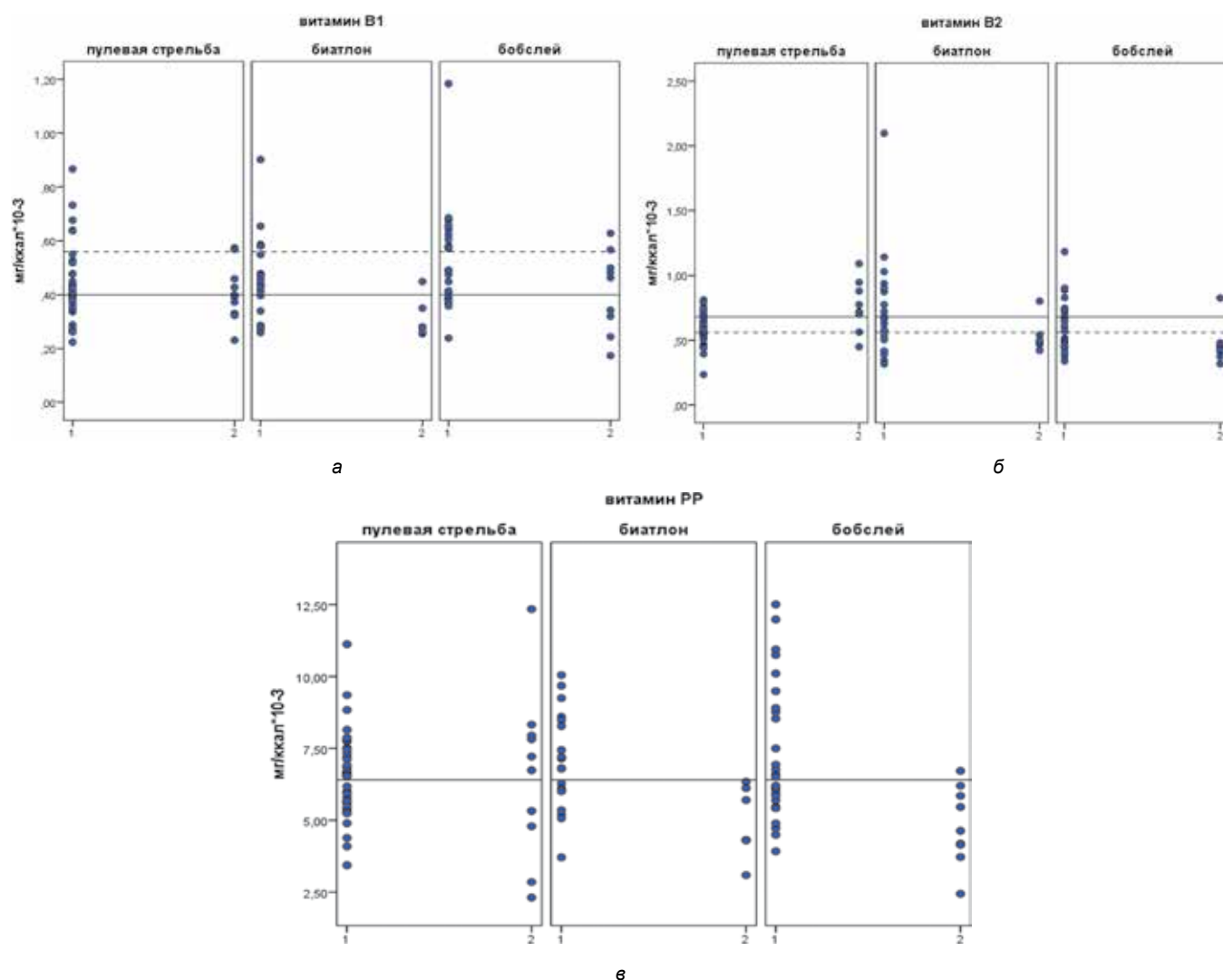


Рис. 1. Потребление витаминов В1 (а), В2 (б) и РР (в), выраженное в расчете на калорийность рациона (1 – мужчины; 2 – женщины).

Pic. 1. The consumption of vitamins B1 (a), B2 (b) and PP (c), expressed in the caloric content of the diet (1 – Male; 2 – Female).

а – пунктирной линией отмечена норма для Северных стран, сплошной – EFSA./The dotted line indicates the norm for the Nordic countries, continuous – EFSA; б – пунктирной линией отмечена норма для Северных стран, сплошной – Франция/The dotted line indicates the norm for the Nordic countries, continuous – France; в – сплошной линией отмечена норма для Северных стран, Франции, EFSA/The solid line is the norm for the Nordic countries, France, EFSA

Таблица 2

Частота (в %) сниженного потребления витаминов группы В в основном рационе,
соотнесенного с энергетической ценностью рациона

Table 2

Frequency (in %) of reduced intake of vitamins of group B in the basic diet, correlated with the energy value of the diet

Микронутриент/Micronutrient	Пулевая стрельба/Bulletshooting	Биатлон/Biathlon	Бобслей/Bobsleigh
витамин В ₁ /vitamin B ₁	45,7-84,8	39,1-78,2	32,4-64,8
витамин В ₂ /vitamin B ₂	28,2-63,0	39,1-56,5	56,7-73,0
витамин РР/vitamin PP	41,3	43,4	56,7

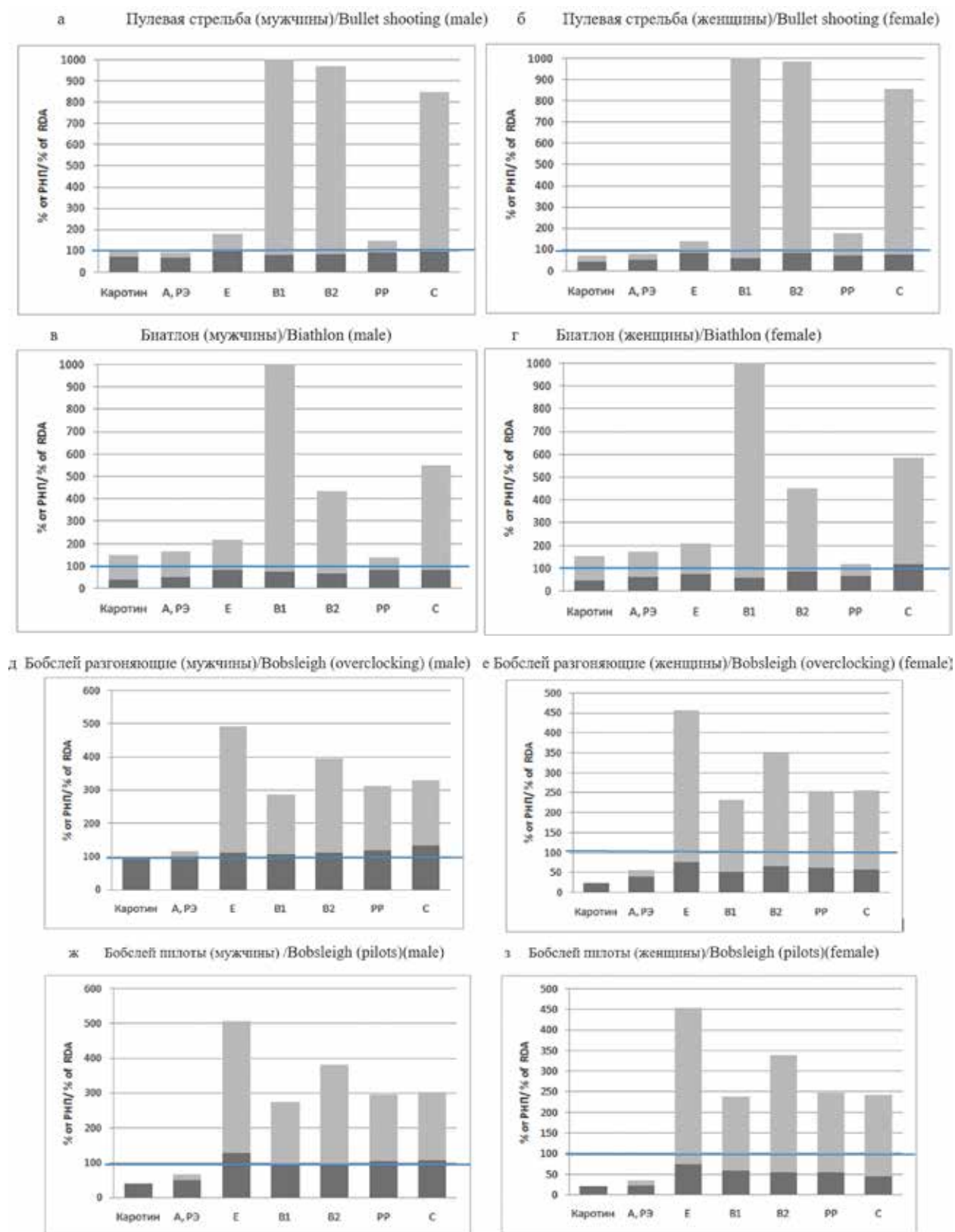


Рис. 2. Потребление микронутриентов за счет основного рациона (темные столбики) и специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище (светлые столбики) в % от РНП

Pic. 2. The consumption of micronutrients due to the basic ration (dark bars) and specialized foods and biologically active food supplements (light bars) in % of RDA

спортсменов, содержащих в весомых дозах витамины специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов и БАД к пище позволяет повысить их поступление с рационом до рекомендуемого уровня. Вместе с тем, следует отметить, что в результате дополнительного приема витаминов B_1 и B_2 их общее потребление у отдельных групп спортсменов превысило верхний допустимый уровень их поступления в составе БАД к пище и специализированных пищевых продуктов.

Анализируя полученные результаты следует еще раз подчеркнуть, что для поддержания оптимального витаминного статуса организма спортсмена нецелесообразно использовать избыточные дозы витаминов С (более

200-300 мг/сут), Е (более 50 мг/сут) и А (более 1500 мкг РЭ/сут) [20]. Систематическое использование чрезмерных доз витаминов в питании спортсменов не дает преимуществ по поддержанию оптимального витаминного статуса, но может приводить к нежелательным отдаленным последствиям [20-22].

Для поддержания витаминной обеспеченности спортсменов на оптимальном уровне необходимо включение в их рацион витаминсодержащих БАД или специализированных пищевых продуктов. Однако перед принятием решения об использовании той или иной витаминсодержащей добавки необходима полная оценка питания каждого спортсмена [10].

Список литературы

1. Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Переверзева О.Г., Вржесинская О.А., Коденцова В.М., Ханферьян Р.А., Солнцева Т.Н. Обеспеченность витаминами-антиоксидантами спортсменов, занимающихся зимними видами спорта // Вопросы питания. 2013. Т.86, №6. С. 49-57.
2. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Никитюк Д.Б. Обеспеченность витаминами спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2010. №3. С. 36-43.
3. Nikic M, Pedišić Ž, Šatalić Z, Jakovljević S, Venus D. Adequacy of nutrient intakes in elite junior basketball players // Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2014. Vol.24, №5. P. 516-23.
4. Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Витамины как обязательный компонент сбалансированного питания спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2013. Т.112, №4. С. 4-10.
5. Еликов А.В., Галстян А.Г. Антиоксидантный статус у спортсменов при выполнении дозированной физической нагрузки и в восстановительном периоде // Вопросы питания. 2017. Т.86, №2. С. 23-31.
6. Раджаббадиев Р.М., Евстратова В.С., Солнцева Т.Н., Самойлов А.С., Дил Ф., Ханферьян Р.А. Оценка химического состава и энергетической ценности рационов питания высококвалифицированных спортсменов // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2018. Т.22, №1. С. 106-9.
7. Wardenaar F, Brinkmans N, Ceelen I, Van Rooij B, Mensink M, Witkamp R, De Vries J. Micronutrient Intakes in 553 Dutch Elite and Sub-Elite Athletes: Prevalence of Low and High Intakes in Users and Non-Users of Nutritional Supplements // Nutrients. 2017. Vol.9, №2. P. 142.
8. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon LJC, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RG, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis YP, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. C consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete // Br J Sports Med. 2018. Vol.52, №7. P. 439-55.
9. Лавриненко С.В., Выборная К.В., Кобелькова И.В., Соколов А.И., Жукова Л.А., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. Использование специализированных продуктов для питания спортсменов в подготовительном периоде спортивного цикла // Вопросы питания. 2017. Т.86, №4. С. 99-103.
10. Maughan RJ, Shirreffs SM, Vernec A. Making Decisions About Supplement Use // Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018. Vol.28, №2. P. 212-9.
11. Выборная К. В., Азизбекян Г. А., Рожкова Е. А., Абрамова М. А., Никитюк Д.Б., Поздняков А.Л. Фактическое питание и физическое состояние спортсменов сборной России по санному спорту // Вопросы питания. 2011. Т.80, №1. С. 78-80.

References

1. Beketova NA, Kosheleva OV, Pereverzeva OG, Vrzhesinskaya OA, Kodentsova VM, Solntseva TN, Khanferyan RA. Vitamin-antioxidant sufficiency of winter sports athletes. Voprosy pitaniya (Problems of nutrition). 2013;86(6):49-57. Russian.
2. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Nikityuk DB. Sportsmen vitamin supply. Exercise therapy and sports medicine. 2010;(3): 36-43. Russian.
3. Nikic M, Pedišić Ž, Šatalić Z, Jakovljević S, Venus D. Adequacy of nutrient intakes in elite junior basketball players. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2014;24(5):516-23.
4. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. Vitamins as a mandatory component of sportsmen's balanced diet. Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina (Exercise therapy and sports medicine). 2013;112(4):4-10. Russian.
5. Yelikov AV, Galstyan AG. Antioxidant status of sportsmen performing measured physical loading during recreational periods. Voprosy pitaniya (Problems of nutrition). 2017;86(2):23-31. Russian.
6. Radzhabadiev RM, Evstratova VS, Solntseva TN, Samoilov AS, Diel F, Khanferyan RA. Evaluation of chemical composition and energy value of the diets of highly skilled athletes. Vestnik RUDN. Seriya: meditsina (RUDN Journal of medicine). 2018;22(1):106-9. Russian.
7. Wardenaar F, Brinkmans N, Ceelen I, Van Rooij B, Mensink M, Witkamp R, De Vries J. Micronutrient Intakes in 553 Dutch Elite and Sub-Elite Athletes: Prevalence of Low and High Intakes in Users and Non-Users of Nutritional Supplements. Nutrients. 2017;9(2):142.
8. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon LJC, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RG, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis YP, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. C consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med. 2018;52(7):439-55.
9. Lavrinenko SV, Vybornaya KV, Kobelkova IV, Sokolov AI, Zhukova LA, Klochkova SV, Nikityuk DB. The nutrition factor is one of the most important in the achievement of high sport results and in maintaining of athlete health along with the methodological and psychological. Voprosy pitaniya (Problems of nutrition). 2017;86(4): 99-103. Russian.
10. Maughan RJ, Shirreffs SM, Vernec A. Making Decisions About Supplement Use. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(2):212-9.
11. Vybornaya KV, Azizbekyan GA, Rozhkova EA, Abramova MA, Nikityuk DB, Pozdnyakov AL. Actual nutrition and physical state of athletes of the national sleigh team of Russia. Voprosy pitaniya (Problems of nutrition). 2011;80(1):78-80. Russian.

12. Мартинчик А.Н., Батури А.К., Баева В.С. и др. Альбом порций продуктов и блюд. М., Красный пролетарий, 1985. 65 с.

13. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. Справочник. М.: ДеЛи, 2012. 283 с.

14. Codex Alimentarius Commission, Joint WHO/FAO Food Standards Programme, Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses Thirty-fourth Session Bad Soden am Taunus. Germany, 3-7 December 2012. [ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu34/nf34_08e.pdf](http://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu34/nf34_08e.pdf).

15. EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary reference values for nutrients: Summary report // EFSA supporting publication. 2017. e15121. 92 p.

16. Updating of the PNNS guidelines: revision of the food-based dietary guidelines // ANSES opinion. Collective expert report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anses.fr/en/content/anses-opinion-and-report-updating-pnns-guidelines-revision-food-based-dietary-guidelines>

17. Nordic Nutrition Recommendations 2012 // Integrating nutrition and physical activity. ISBN: 978-92-893-2670-4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.6027/Nord2014-002>. Nord 2014:002 ISSN: 0903-7004 Nordic Council of Ministers 2014 Layout, ebook production: Narayana Press. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.norden.org/en/theme/former-themes/themes-2016/nordic-nutrition-recommendation/nordic-nutrition-recommendations-2012>

18. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals // Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies of European Food Safety Authority. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.efsa.europa.eu/en/ndatopics/docs/ndatolerableuil.pdf>. ISBN: 92-9199-014-0

19. Borel P, Preveraud D, Desmarchelier C. Bioavailability of vitamin E in humans: an update // Nutrition Reviews. 2013. V. 71, №6. P. 319-31.

20. Коденцова В.М. Градации уровней потребления витаминов: возможные риски при чрезмерном потреблении // Вопросы питания. 2014. Т.83, №3. С. 41-51.

21. Frei B, Birlouez-Aragon I, Lykkesfeldt J. Authors' perspective: What is the optimum intake of vitamin C in humans? // Crit. Rev. Food Sci Nutr. 2012. Vol.52, №9. P. 815-29.

22. Elste V, Troesch B, Eggersdorfer M, WeberEmerging P. Emerging Evidence on Neutrophil Motility Supporting Its Usefulness to Define Vitamin C Intake Requirements // Nutrients. 2017. Vol.9, №5. P. 503.

Информация об авторах:

Раджабканиев Раджабканиев Магомедович, младший научный сотрудник лаборатории иммунологии ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии. ORCID ID: 0000-0002-3634-8354 (+7 (915) 061-23-04, 89886999800@mail.ru)

Вржесинская Оксана Александровна, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, к.б.н.

Коденцова Вера Митрофановна, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии, д.б.н., проф.

Information about the authors:

Radzhabkadi M. Radzhabkadiyev, Junior Researcher of the Laboratory of Immunology of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. ORCID ID: 0000-0002-3634-8354 (+7 (915) 061-23-04, 89886999800@mail.ru)

Oksana A. Vrzhesinskaya, Ph.D. (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Vera M. Kodentsova, D.Sc. (Biology), Prof., Chief Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 15.02.2019

Принята к публикации: 11.03.2019

Received: 15 February 2019

Accepted: 11 March 2019

12. Martinchik AN, Baturin AK, Baeva VS. Albom porciy produktov i blyud. Moskva, Krasniy proletariy, 1985. 65 p.

13. Tutelyan VA. Chemical composition and caloric content of Russian food products. Directory. Moscow, DeLi, 2012. 283 p. Russian.

14. Codex Alimentarius Commission, Joint WHO/FAO Food Standards Programme, Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses Thirty-fourth Session Bad Soden am Taunus. Germany, 3-7 December 2012. [ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu34/nf34_08e.pdf](http://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu34/nf34_08e.pdf).

15. EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary reference values for nutrients: Summary report. EFSA supporting publication. 2017;e15121:92.

16. Updating of the PNNS guidelines: revision of the food-based dietary guidelines. ANSES opinion. Collective expert report (2016). Available at: <https://www.anses.fr/en/content/anses-opinion-and-report-updating-pnns-guidelines-revision-food-based-dietary-guidelines> (accessed 12 December 2016).

17. Nordic Nutrition Recommendations 2012. Integrating nutrition and physical activity. ISBN: 978-92-893-2670-4 (2012). Available at: <http://dx.doi.org/10.6027/Nord2014-002>. Nord 2014:002 ISSN: 0903-7004 Nordic Council of Ministers 2014 Layout, ebook production: Narayana Press (2014). Available at: <https://www.norden.org/en/theme/former-themes/themes-2016/nordic-nutrition-recommendation/nordic-nutrition-recommendations-2012> (accessed 27 August 2017).

18. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Committee on Food Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies of European Food Safety Authority (2006). Available at: <http://www.efsa.europa.eu/en/ndatopics/docs/ndatolerableuil.pdf>. ISBN: 92-9199-014-0 (accessed 10 February 2006).

19. Borel P, Preveraud D, Desmarchelier C. Bioavailability of vitamin E in humans: an update. Nutrition Reviews. 2013;71(6):319-31.

20. Kodentsova VM. Gradation in the level of vitamin consumption: possible risk of excessive consumption. Voprosy pitaniya (Problems of nutrition). 2014;83(3):41-51. Russian.

21. Frei B, Birlouez-Aragon I, Lykkesfeldt J. Authors' perspective: What is the optimum intake of vitamin C in humans? Crit. Rev. Food Sci Nutr. 2012;52(9):815-29.

22. Elste V, Troesch B, Eggersdorfer M, WeberEmerging P. Emerging Evidence on Neutrophil Motility Supporting Its Usefulness to Define Vitamin C Intake Requirements. Nutrients. 2017;9(5):503.

Изучение ассоциации полиморфизма генов с питанием и пищевым статусом спортсменов-единоборцев

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

*ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи,
Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение влияния генетических полиморфизмов: rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE) на антропометрические показатели и показатели липидного обмена у спортсменов, представляющих спортивные единоборства. **Материалы и методы:** исследования антропометрических и биохимических показателей, генетических полиморфизмов проводили у 83 спортсменов (64 мужчины и 19 женщин), которые занимаются спортивными единоборствами. Антропометрические исследования проводили путем измерения роста (см), массы тела (кг) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ, кг/м²). Биохимические маркеры пищевого статуса определяли с использованием анализатора «ABXPENTRA 400» («HORIBA ABX SAS», Франция) в автоматическом режиме. Генотипирование проводили с применением аллель-специфичной амплификации с использованием TaqMan-зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК и детекцией результатов в режиме реального времени с использованием наборов реактивов компании «Синтол», Россия. Исследования проводили на приборе «CFX96 Real Time System» («BIO-RAD», США). Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием системы PASW Statistics 20. **Результаты:** в результате генотестирования на выносливость спортсменов единоборцев, обнаружено, что частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3) у них составляет 47,5%, аллеля G полиморфизма rs2016520 гена PPARD – 13,9%, аллеля G полиморфизма rs1042713 гена ADRB2 – 51,9%, а аллеля G полиморфизма rs1799945 гена HFE – 19,3%. Ассоциации между величиной антропометрических показателей у спортсменов и наличием изучаемых полиморфизмов обнаружено не было. **Выводы:** причиной выявленной дислипидемии у единоборцев могут быть не только обнаруженные нами ранее нарушения структуры их питания, но и наличие определенных генетических полиморфизмов.

Ключевые слова: спортивные единоборства, полиморфизм генов, пищевой статус спортсменов, липидный обмен

Для цитирования: Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Никитюк Д.Б. Изучение ассоциации полиморфизма генов с питанием и пищевым статусом спортсменов-единоборцев // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 40-46. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.40.

Study of Association of gene polymorphism with nutrition and nutritional status of martial arts athletes

Elena Yu. Sorokina, Alla V. Pogozeva, Dmitriy B. Nikityuk

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: studying the effect of genetic polymorphisms: rs1815739 (ACTN3 gene), rs2016520 (PPARD gene), rs1042713 (ADRB2 gene), rs1799945 (HFE gene) on anthropometric and lipid metabolism indicators in athletes representing martial arts. **Materials and methods:** studies of anthropometric and biochemical parameters, genetic polymorphisms were carried out in 83 athletes (64 men and 19 women) who were engaged in martial arts. Anthropometric studies were performed by height (cm) and body weight (kg) measuring followed by calculating body mass index (BMI, kg / m²). Biochemical nutritional status markers were determined using the ABXPENTRA 400 analyzer (HORIBA ABX SAS, France) in an automatic mode. Genotyping was performed using allele-specific amplification using TaqMan probes complementary to polymorphic DNA regions and real-time detection of the results using reagent kits from Syntol, Russia. Studies were performed on the device «CFX96 Real Time System» («BIO-RAD», USA). Statistical processing of the results was performed using the PASW Statistics 20 system. **Results:** as a result of gene testing for endurance of combat athletes, it was found that the frequency of the T allele of the rs1815739 polymorphism (ACTN3 gene) was 47.5%, the PPARD gene rs2016520 allele G is 13.9%, the rs1042713 G allele of the ADRB2 gene was 51.9%, and the G allele of the rs1799945 polymorphism of the HFE gene was 19.3%. No association was found between the value of anthropometric parameters in athletes and the presence of the studied polymorphisms. **Conclusions:** the cause of identified dyslipidemia in combat athletes may be not only the disturbances in the structure of their nutrition that we found earlier, but also the presence of certain genetic polymorphisms.

Key words: combat sports, gene polymorphism, nutritional status of athletes, lipid metabolism

For citation: Sorokina EYu, Pogozeva AV, Nikityuk DB. Study of Association of gene polymorphism with nutrition and nutritional status of martial arts athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):40-46. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.40.

1.1 Введение

Интенсивное развитие молекулярной генетики спорта показало, что индивидуальные различия в степени выраженности тех или иных качеств спортсмена, его спортивная успешность, которая в свою очередь определяется выносливостью, быстротой и силой атлета во многом обусловлено ДНК-полиморфизмами.

К настоящему времени известно более 200 полиморфизмов, которые ассоциированы с развитием и проявлением физических качеств человека, а также морфофункциональными признаками и биохимическими показателями, изменяющимися под воздействием физических нагрузок различной направленности [1].

Результаты этих исследований свидетельствуют об аддитивном влиянии полиморфизмов генов на predisposition к занятиям различными видами спорта. Они также свидетельствуют о том, что вероятность достижения высоких результатов в видах спорта, в различной степени направленных на развитие выносливости либо скорости/силы, повышается с увеличением носительства числа аллелей, ассоциированных с этими качествами. Эти данные позволяют выявить predisposition организма человека к разным видам спортивной деятельности, оценить риск развития целого ряда заболеваний у спортсменов [2, 3].

В настоящее время выделяют несколько генетических полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью. Наиболее известные из них rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE).

Известно, что все мышечные волокна содержат α-актинин-2, тогда как белок α-актинин-3 локализован только в быстросокращающихся волокнах скелетных мышц. Оба гена α-актининов (ACTN2 и ACTN3) экспрессируются в скелетных мышцах человека, которые представляют интерес в спорте, таких как тяжелая атлетика и спринт, так как они несут ответственность за формирование силы на высокой скорости. Ген ACTN3 экспрессируется также в сердечной мышце и головном мозге. Дефицит α-актинина-3 связан с мутацией rs1815739 и может снижать скоростно-силовые показатели физической работоспособности человека [4].

Полиморфизм rs1815739 гена ACTN – однонуклеотидная замена цитозина на тимин в 577-м нуклеотиде кодирующей последовательности, который находится в 16-й экзоне. Была выявлена ассоциация этого полиморфизма (аллель С) с проявлением скорости и силы у спортсменов, а аллеля Т – с выносливостью [5]. Предполагается, что дефицит альфа-актинина-3 в мышечных волокнах повышает выносливость и способствует адаптации человека к холоду. В популяциях коренного (чукчи, коряки, эвены) и пришлого (русские) населения Северо-Восточной Азии обнаружено понижение частоты варианта rs1815739-Т [6].

Ген PPARD кодирует белок-рецептор, участвующий в дифференцировке клеток, в метаболизме мышечных

тканей и термогенезе. Этот ген локализован в 6 хромосоме и активно экспрессируется в коже, мозге, жировой ткани и в медленных мышечных волокнах скелетных мышц. Белок PPARD участвует в заживлении ран, клеточном росте, защищает миоциты от апоптоза, вызванного окислительным стрессом, а также регулирует экспрессию генов, вовлеченных в окисление жирных кислот и обмен холестерина [7]. Носители GG генотипа имеют более высокий уровень липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и более выносливы по сравнению с носителями генотипа AA [8].

β2-адренергический рецептор (кодируемый геном ADRB2) связан с медленными кальциевыми каналами L-типа, обеспечивает расслабление гладкой мускулатуры (бронходилатацию и вазодилатацию) [9]. Рецептор ADRB2 в жировых клетках человека связан с мобилизацией липидов. Данные метаанализа свидетельствуют о связи полиморфизма rs1042713 (Arg16Gly) с ожирением и риском эссенциальной гипертензии, который возрастает с увеличением индекса массы тела, сердечной недостаточностью, бронхиальной астмой, инсулинорезистентностью [9, 10].

В ряде работ показано, что полиморфизм rs1042713 гена ADRB2 (аллель G) ассоциируется с проявлением выносливости у спортсменов. Носительство аллеля Gly является неблагоприятным фактором для спортивных результатов и коррелирует со значительным увеличением индекса массы тела, по сравнению с генотипом Arg16 [1].

Полиморфизм rs1799945 гена HFE, кодирующего синтез белка, регулирующего обмен железа, ассоциирован с уровнем этого микронутриента в цитоплазме клеток, и, как правило, не проявляется при гетерозиготном носительстве. Аллель G этого полиморфизма рассматривается в качестве молекулярно-генетического маркера выносливости [11].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния генетических полиморфизмов rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE) на антропометрические показатели и показатели липидного обмена у спортсменов, представляющих спортивные единоборства.

1.2 Материалы и методы

Исследования антропометрических и биохимических показателей, генетических полиморфизмов проводили у 83 спортсменов, которые занимаются спортивными единоборствами: бокс (5 спортсменов), дзюдо (8 спортсменов), тхэквандо (19 спортсменов), сумо (6 спортсменов), самбо (45 спортсменов). Средний возраст спортсменов составлял $22,4 \pm 0,74$ года, из них было 64 мужчины и 19 женщин. Среди обследованных мужчин наиболее часто встречались спортсмены, занимающиеся самбо (36,2%), кикбоксингом (17,4%) и дзюдо (14,0%), а среди женщин – кикбоксингом (25,6%), самбо (23,2%) и боксом (14,0%).

Исследования проводили на базе Клиники спортивной медицины (филиал № 1) ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Антропометрические исследования проводили путем измерения роста (см), массы тела (кг) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ, кг/м²).

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

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

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

1.3 Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований обнаружено, что частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3) у спортсменов, представляющих спортивные единоборства, составляет 47,5% (табл. 1). Эта величина была на 10,5% выше, чем характерно для русской популяции в целом, где она составляет 37,0% [6].

Показано, что носительство аллеля Т полиморфизма rs1815739 связано с выносливостью спортсменов [12]. Наши результаты продемонстрировали более высокую частоту встречаемости аллеля Т у мужчин (50,0 %) по сравнению с женщинами (43,8 %).

Частота генотипа ТТ составила 17,9%, что соответствует величине этого показателя в европейских популяциях. Показано, что около 16% мировой популяции гомозиготны по мутантному аллелю, и их мышцы не содержат белка α-актинин-3. Согласно литературным данным, отсутствие α-актинина-3 в быстрых мышечных волокнах, вызванное нонсенс-мутацией в кодирующей последовательности гена ACTN3, может стать причиной пониженного уровня развития скоростно-силовых качеств человека. В русской популяции было показано, что 577RR генотип по гену ACTN3 благоприятно влияет на развитие и проявление физических качеств [13].

Как видно из таблицы 1, частота встречаемости аллелей полиморфизма rs2016520 гена PPARG в обследуемой группе единоборцев составила: А – 86,1%, G – 13,9%, что согласуется с данными для этой категории спортсменов европейского происхождения [7].

Так, по данным Н.В. Шепелевич, частота PPARG мутантного аллеля в группе спортсменов с преимущественным проявлением выносливости максимальной и субмаксимальной мощности значительно превышала популяционные данные (18,0-20,7%, против 16,4%, соответственно; $p < 0,05$). В группе спортсменов с преимуще-

Таблица 1

Распределение генотипов и частота аллелей полиморфизма генов единоборцев

Table 1

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

Полиморфизмы/Polymorphisms	Распределение генотипов/ Distribution of genotypes, %			Частота аллелей/ Frequency of alleles, %	
rs1815739 гена ACTN3/rs1815739 ACTN3 gene	CC	CT	TT	C	T
Все обследованные/All participants	23,1	59,0	17,9	52,5	47,5
Мужчины/Men	17,4	65,2	17,4	50,0	50,0
Женщины/Women	31,3	50,0	18,8	56,2	43,8
rs2016520 гена PPARG/rs2016520 PPARG gene	AA	AG	GG	A	G
Все обследованные/All participants	79,5	17,9	2,6	86,1	13,9
Мужчины/Men	87,7	8,7	4,3	91,3	8,7
Женщины/Women	68,8	31,3	0	84,3	15,7
rs1042713 гена ADRB2/rs1042713 ADRB2 gene	AA	AG	GG	A	G
Все обследованные/All participants	20,5	53,8	25,7	48,1	51,9
Мужчины/Men	21,7	56,5	21,8	50,0	50,0
Женщины/Women	18,8	50,0	31,2	43,7	56,3
rs1799945 гена HFE/rs1799945 HFE gene	CC	CG	GG	C	G
Все обследованные/All participants	64,1	33,3	2,6	80,7	19,3
Мужчины/Men	69,6	26,1	4,3	82,6	17,4
Женщины/Women	56,3	43,8	0	78,1	21,9

ственным проявлением быстроты и силы (борьба, бокс) частота мутантного аллеля была значительно ниже. У высококвалифицированных спортсменов частота PPARD мутантного аллеля достигает максимальных значений (23,6%; $P=0,01$).

Полученные результаты позволили авторам сделать предположение, что носительство PPARD G аллеля, ассоциирующееся с увеличением окисления жирных кислот, благоприятствует развитию и проявлению качества выносливости. В пользу данной гипотезы свидетельствует высокая частота PPARD мутантного аллеля у стайеров и ее повышение с ростом спортивной квалификации [6].

Следует отметить, что в наших исследованиях частота встречаемости аллеля G у женщин была почти в 2 раза выше, чем у мужчин, что свидетельствует о более выраженной ассоциации с выносливостью аллеля G у женщин (табл. 1).

Частота аллелей полиморфизма rs1042713 гена ADRB2 составляла для A 48,1%, а для G – 51,9%. При этом у женщин величина этого показателя была выше на 6,3%, чем у мужчин, однако эти различия не имели достоверности. Генотип AA встречался в 20,5% случаев, AG – в 53,8%, а GG – в 25,7% (табл. 1).

Полученные результаты согласуются с данными, характерными для русской популяции центральных регионов России. Показано, что частота встречаемости мутационных вариантов гена ADRB2 жителей города Перми (Arg16Gly – 45,5%, Gln27Glu – 27,2%) сопоставима с частотой встречаемости в европейской популяции (соответственно, 37-41% и 24-30%), но отличается от показателей в азиатской популяции (73% и 52,3%) [14].

Как видно из той же таблицы, частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1799945 (ген HFE) составила 19,3%, что было выше, чем в европейских популяциях и центральных регионах Российской Федерации (соответственно, 12,9% и 13,3%) [15].

Полученные в нашем исследовании данные подтверждают связь этого аллеля с выносливостью спортсменов, показанную в более ранних исследованиях [11]. Следует отметить, что частота аллеля, связанного с выносливостью, у обследованных женщин была выше, чем у мужчин (21,9% и 17,4%, соответственно) (табл. 1).

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют об отсутствии ассоциации между величиной антропометрических показателей у спортсменов и наличием изучаемых полиморфизмов.

Как видно из таблицы 3, наличие мутантного аллеля rs1815739 гена ACTN3 ассоциировалось с достоверно более низким содержанием в сыворотке крови холестерина ЛПВП у женщин.

У мужчин с генотипами AG и GG rs2016520 гена PPARD отмечалось значимо более высокий уровень общего холестерина и холестерина ЛПНП в сыворотке крови. Полученные данные подтверждают результаты исследований других авторов, которые свидетельствуют, что носители GG генотипа имеют более высокий

Таблица 2

Антропометрические показатели единоборцев
в зависимости от наличия полиморфизмов генов (M±m)

Table 2

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

rs1815739 гена ACTN3/ rs1815739 ACTN3 gene	Генотипы/Genotypes		P
	CC	CT+TT	
Рост/Height, см (cm)			
Мужчины/Men	176,2±3,70	181,1±2,08	>0,05
Женщины/Women	165,0±4,96	167,2±2,23	>0,05
Масса тела/Body mass, кг (kg)			
Мужчины/Men	74,5±9,6	82,6±4,21	>0,05
Женщины/Women	63,2±5,24	63,1±3,42	>0,05
ИМТ/BMI, кг/м² (kg/m²)			
Мужчины/Men	23,8±2,22	28,4±2,28	>0,05
Женщины/Women	22,8±1,00	22,3±0,84	>0,05
rs2016520 гена PPARD/ rs2016520 PPARD gene	Генотипы/Genotypes		P
	AA	AG+GG	
Рост/Height, см (cm)			
Мужчины/Men	181,1±2,03	174,7±2,72	>0,05
Женщины/Women	165,2±2,44	169,2±4,17	>0,05
Масса тела/Body mass, кг (kg)			
Мужчины/Men	82,1±4,37	76,0±2,0	>0,05
Женщины/Women	61,2±2,67	67,4±6,78	>0,05
ИМТ/BMI, кг/м² (kg/m²)			
Мужчины/Men	28,1±2,78	24,6±0,95	>0,05
Женщины/Women	22,1±0,66	23,2±1,51	>0,05
rs1042713 гена ADRB2/ rs1042713 ADRB2 gene	Генотипы/Genotypes		P
	AA	AG+GG	
Рост/Height, см (cm)			
Мужчины/Men	181,4±5,78	179,9±1,85	>0,05
Женщины/Women	167,7±1,20	166,2±1,58	>0,05
Масса тела/Body mass, кг (kg)			
Мужчины/Men	85,4±6,16	80,1±4,60	>0,05
Женщины/Women	65,3±4,91	62,6±3,27	>0,05
ИМТ/BMI, кг/м² (kg/m²)			
Мужчины/Men	25,7±0,87	28,3±3,23	>0,05
Женщины/Women	23,8±1,37	22,3±0,68	>0,05
rs1799945 гена HFE/ rs1799945 HFE gene	Генотипы/Genotypes		P
	CC	CG+GG	
Рост/Height, см (cm)			
Мужчины/Men	180,1±2,22	180,4±3,59	>0,05
Женщины/Women	168,5±2,16	163,8±3,88	>0,05
Масса тела/Body mass, кг (kg)			
Мужчины/Men	81,6±3,72	80,4±9,81	>0,05
Женщины/Women	65,0±3,36	60,7±4,76	>0,05
ИМТ/BMI, кг/м² (kg/m²)			
Мужчины/Men	24,9±0,73	34,3±8,08	>0,05
Женщины/Women	22,7±0,89	22,1±0,96	>0,05

Таблица 3

Показатели липидного обмена единоборцев
в зависимости от наличия полиморфизмов генов (M±m)

Table 2

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

rs1815739 гена ACTN3/ rs1815739 ACTN3 gene	Генотипы/ Genotypes		p
	CC	CT+TT	
Триглицериды/Triglycerides, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,06±0,33	1,02±0,12	>0,05
Женщины/Women	0,65±0,10	0,68±0,10	>0,05
Общий холестерин/Total cholesterol, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	4,06±1,43	3,82±0,65	>0,05
Женщины/Women	4,35±0,32	4,15±0,20	>0,05
ХС ЛПВП/HDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,28±0,10	1,13±0,05	>0,05
Женщины/Women	1,82±0,10	1,48±0,06	<0,01
ХС ЛПНП/LDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	2,30±0,56	2,23±0,08	>0,05
Женщины/Women	2,23±0,17	2,37±0,16	>0,05
rs2016520 гена PPARD	Генотипы/ Genotypes		p
	AA	AG+GG	
Триглицериды/Triglycerides, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,03±0,14	1,02±0,18	>0,05
Женщины/Women	0,67±0,07	0,65±0,17	>0,05
Общий холестерин/Total cholesterol, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	3,72±0,14	4,55±0,33	<0,05
Женщины/Women	4,31±0,19	4,02±0,32	>0,05
ХС ЛПВП/HDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,12±0,05	1,31±0,08	>0,05
Женщины/Women	1,69±0,07	1,40±0,11	>0,05
ХС ЛПНП/LDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	2,14±0,09	2,78±0,28	<0,05
Женщины/Women	2,32±0,13	2,33±0,24	>0,05
rs1042713 гена ADRB2	Генотипы/ Genotypes		p
	AA	AG+GG	
Триглицериды/Triglycerides, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,37±0,46	0,94±0,08	>0,05
Женщины/Women	1,23±0,33	0,62±0,07	>0,05
Общий холестерин/Total cholesterol, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	3,75±0,37	3,89±0,18	>0,05
Женщины/Women	4,54±0,20	4,15±0,18	>0,05
ХС ЛПВП/HDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,12±0,11	1,16±0,04	>0,05
Женщины/Women	1,65±0,15	1,58±0,08	>0,05

ХС ЛПНП/LDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	2,01±0,20	2,31±0,13	>0,05
Женщины/Women	2,33±0,13	2,29±0,13	>0,05
rs1799945 гена HFE	Генотипы/ Genotypes		p
	CC	CG+GG	
Триглицериды/Triglycerides, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	0,97±0,16	1,14±0,15	>0,05
Женщины/Women	0,50±0,04	0,97±0,11	<0,01
Общий холестерин/Total cholesterol, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	3,92±0,22	3,74±0,21	>0,05
Женщины/Women	3,83±0,11	4,88±0,18	>0,05
ХС ЛПВП/HDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	1,16±0,50	1,14±0,82	>0,05
Женщины/Women	1,46±0,07	1,78±0,09	<0,001
ХС ЛПНП/LDL, ммоль/л (mmol/L)			
Мужчины/Men	2,32±0,16	2,09±0,13	>0,05
Женщины/Women	2,15±0,10	2,66±0,17	<0,05

уровень ЛПНП и более выносливы по сравнению с носителями генотипа AA [8].

В сыворотке крови женщин с генотипами CG и GG rs1799945 гена HFE определялась достоверно более высокая концентрация триглицеридов, общего холестерина, холестерина ЛПВП и ЛПНП в сыворотке крови (табл. 3).

Изменение липидного спектра сыворотки крови обследованных единоборцев может быть связано не только с генетическим фактором, но и обнаруженным нами ранее нарушением состава их рациона: избыточное содержание в нем животного жира, холестерина, натрия и добавленного сахара (за счет высокожировых молочных продуктов и кондитерских изделий) [16].

1.4 Выводы

В результате проведенных исследований полиморфизмов генов, связанных с выносливостью спортсменов, представляющих спортивные единоборства, обнаружено, что частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3) у них составляет 47,5%, аллеля G полиморфизма rs2016520 гена PPARD – 13,9%, аллеля G полиморфизма rs1042713 гена ADRB2 – 51,9%, а аллеля G полиморфизма rs1799945 гена HFE – 19,3%. Полученные данные аналогичны результатам других исследований, проведенных в России и Европе.

Ассоциации между величиной антропометрических показателей у спортсменов и наличием изучаемых полиморфизмов обнаружено не было.

Причиной выявленного дисбаланса атерогенной направленности липидного спектра сыворотки крови у единоборцев могут быть не только обнаруженные нами ранее нарушения структуры их питания, но и наличие определенных генетических полиморфизмов.

Список литературы

1. Иманбекова М.К., Жолдыбаева Е.В., Есентаев Т.К., Момыналиев К.Т. Спорт и генетика // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2013. №2. С. 2-12.
2. Banting LK, Pushkarev VP, Cieszczyk P, Zarebska A, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, Leońska-Duniec, 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. №16. P. 25. DOI: 10.1186/s12864-014-1199-0.
3. Eynon N, Nasibulina ES, Banting LK, Cieszczyk P, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, Bondareva EA, Shagimardanova R, Raz M, Sharon Y, Williams AG, Ahmetov II, Alejandro L, Birk R. The FTO A/T Polymorphism and Elite Athletic Performance: A Study Involving Three Groups of European Athletes // PLoS ONE. Vol.8, №4. e60570. DOI: 10.1371/journal.pone.0060570.
4. Zilberman-Schapira G, Chen J, Gerstein M. On sports and genes // Recent Patents on DNA & Gene Sequences. 2012. №6. P. 3-9.
5. Fang M, Yang Yu, Li X, Zhou F, Cao G, Li M, Gao L. The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis // Plos One. 2013. Vol.8, №1. DOI: 10.1371/journal.pone.0054685.
6. Малярчук Б.А., Деренко М.В., Денисова Г.А. R577X-полиморфизм альфа-актина-3 в популяциях человека на северо-востоке Азии // Экологическая генетика. 2017. Т.15, №1. DOI: 10.17816/ecogen1550-56.
7. Шепелевич Н.В., Лебедь Т.Л., Мельнов С.Б. Особенности генетического профиля выносливости у спортсменов-гребцов // Экологический вестник. 2013. №4.
8. Luo C-Y, Liu C-W, Lin Ge L, Pang G-F, Yang M, Hu C-Y, Lv Z-P, Chen N-Y, Li H-Y, Wu H-Y, Wang Y-Y, Yin R-X, Pan S-L, Peng J-H. PPARD +294C overrepresentation in general and long-lived population in China Bama longevity area and unique relationships between PPARD +294T/C polymorphism and serum lipid profiles // Lipids in Health and Disease. 2015. №14. P. 17. DOI: 10.1186/s12944-015-0016-3.
9. Тимашева Я.Р., Насибуллин Т.Р., Имаева Э.Б., Мирсаева Г.Х., Мустафина О.Е. Полиморфизм генов бета-адренорецепторов и риск эссенциальной гипертензии // Артериальная гипертензия. 2015. Т.21, №3. С. 259-66. DOI: 10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266.
10. Zhang H, Wu J, Yu L. Association of Gln27Glu and Arg16Gly Polymorphisms in Beta2-Adrenergic Receptor Gene with Obesity Susceptibility: A Meta-Analysis // PLoS ONE. 2014. Vol.9, №6. e100489. DOI: 10.1371/journal.pone.0100489.
11. Семенова Е.А., Валеева Е.В., Булыгина Е.А., Губайдullina С.И., Ахметов И.И. Применение омиксных технологий в системе спортивной подготовки // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. 2017. Т.159, кн. 2. С. 232-47.
12. Seto JT, Quinlan KG, Lek M. ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling // J. Clin. Invest. 2013. Vol.123. P. 4255-63.
13. Alfred T, Ben-Shlomo Y, Cooper R. ACTN3 genotype, athletic status, and life course physical capability: meta-analysis of the published literature and findings from nine studies. Human Mutation. 2011. №9. P. 1008-18. DOI: 10.1002/humu.21526.
14. Пономарева М.С., Фурман Е.Г., Хузина Е.А., Ярулина А.М., Жданович У.А. Семейный полиморфизм гена ADRB2 при бронхиальной астме в детском возрасте // Пермский медицинский журнал. 2015. Т.XXXII, №5. С. 30-7.

References

1. Imanbekova MK, Zholdybaeva EV, Esentaev TK, Momynaliev KT. Sports and genetics. Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2013;(2):2-12.
2. Banting LK, Pushkarev VP, Cieszczyk P, Zarebska A, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, 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;(16):25. DOI: 10.1186/s12864-014-1199-0.
3. Eynon N, Nasibulina ES, Banting LK, Cieszczyk P, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, Bondareva EA, Shagimardanova R, Raz M, Sharon Y, Williams AG, Ahmetov II, Alejandro L, Birk R. The FTO A/T Polymorphism and Elite Athletic Performance: A Study Involving Three Groups of European Athletes. PLoS ONE. 8(4):e60570. DOI: 10.1371/journal.pone.0060570.
4. Zilberman-Schapira G, Chen J, Gerstein M. On sports and genes. Recent Patents on DNA & Gene Sequences. 2012;(6):3-9.
5. Fang M, Yang Yu, Li X, Zhou F, Cao G, Li M, Gao L. The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. Plos One. 2013;8(1). DOI: 10.1371/journal.pone.0054685.
6. Malyarchuk BA, Derenko MV, Denisova GA. R577X polymorphism of alpha-actinin-3 in human populations in northeast Asia. Ecological Genetics. 2017;15(1). DOI: 10.17816/ecogen1550-56. Russian.
7. Shepelevich NV, Lebed TL, Melnov SB. Features of the genetic profile of endurance in rowing athletes. Ecological bulletin. 2013;4(26). Russian.
8. Luo C-Y, Liu C-W, Lin Ge L, Pang G-F, Yang M, Hu C-Y, Lv Z-P, Chen N-Y, Li H-Y, Wu H-Y, Wang Y-Y, Yin R-X, Pan S-L, Peng J-H. PPARD +294C overrepresentation in general and long-lived population in China Bama longevity area and unique relationships between PPARD +294T/C polymorphism and serum lipid profiles. Lipids in Health and Disease. 2015;(14):17. DOI: 10.1186/s12944-015-0016-3.
9. Timasheva YaR, Nasibullin RR, Imaeva EB, Mirsaeva GK, Mustafina OE. Gene polymorphism of beta-adrenoreceptors and the risk of essential hypertension. Arterial hypertension. 2015;21(3):259-66. DOI: 10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266. Russian.
10. Zhang H, Wu J, Yu L. Association of Gln27Glu and Arg16Gly Polymorphisms in Beta2-Adrenergic Receptor Gene with Obesity Susceptibility: A Meta-Analysis. PLoS ONE. 2014;9(6):e100489. DOI: 10.1371/journal.pone.0100489.
11. Semenova EA, Valeeva EV, Bulygina EA, Gubaidullina SI, Akhmetov II. The use of omix technologies in the sports training system. Scientific notes of the Kazan University. A series of natural sciences. 2017;159(2):232-47. Russian.
12. Seto JT, Quinlan KG, Lek M. ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling. J. Clin Invest. 2013;123:4255-63.
13. Alfred T, Ben-Shlomo Y, Cooper R. ACTN3 genotype, athletic status, and life course physical capability: meta-analysis of the published literature and findings from nine studies. Human Mutation. 2011;(9):1008-18. DOI: 10.1002/humu.21526.
14. Ponomareva MS, Furman EG, Khuzina EA, Yarulina AM, Zhdanovich UA. Family polymorphism of the ADRB2 gene in children with bronchial asthma. Perm Medical Journal. 2015;XXXII(5):30-7. Russian.

15. Agudo A, Bonet C, Sala N, Muñoz X, Aranda N, Nunes AF. Hemochromatosis (HFE) gene mutations and risk of gastric cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study // Carcinogenesis. 2013. Vol.34, №6. P. 1244-50. DOI: 10.1093/carcin/bgt045.

16. Никитюк Д.Б., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э. Оценка фактического питания и пищевого статуса спортсменов-единоборцев // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №2. С. 47-53. DOI: 10.17238 / ISSN2223-2524.2018.2.47.

15. Agudo A, Bonet C, Sala N, Muñoz X, Aranda N, Nunes AF. Hemochromatosis (HFE) gene mutations and risk of gastric cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. Carcinogenesis. 2013;34(6):1244-50. DOI: 10.1093/carcin/bgt045.

16. Nikityuk DV, Pogozheva AV, Pogozheva AV, Keshabyants EE. Evaluation of the actual nutrition and nutritional status of combatathletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(2):47-53. DOI: 10.17238 / ISSN2223-2524.2018.2.47. Russian.

Информация об авторах:

Сорокина Елена Юрьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи Минобрнауки России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-6530-6233

Погожева Алла Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии питания и генодиагностики алиментарно-зависимых заболеваний ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи Минобрнауки России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0003-3983-0522 (+7 (916) 884-23-15, allapogozheva@yandex.ru)

Никитюк Дмитрий Борисович, директор ФГБУН ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи Минобрнауки России, д.м.н., проф., член-корр. РАН. ORCID ID: 0000-0002-4968-4517

Information about the authors:

Elena Yu. Sorokina, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnostics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. ORCID ID: 0000-0002-6530-6233

Alla V. Pogozheva, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Leading Researcher of the Laboratory of Epidemiology of Nutrition and Genodiagnostics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. ORCID ID: 0000-0003-3983-0522 (+7 (916) 884-23-15, allapogozheva@yandex.ru)

Dmitriy B. Nikityuk, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. ORCID ID: 0000-0002-4968-4517

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

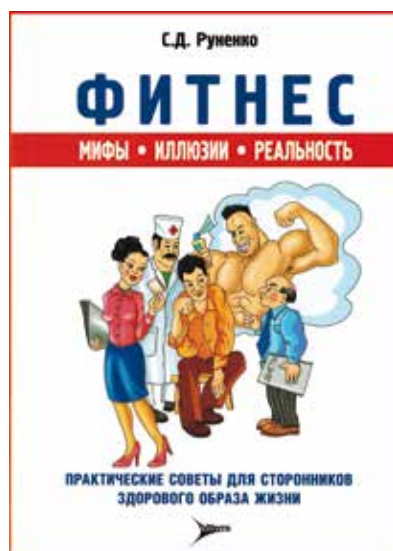
Поступила в редакцию: 19.11.2018

Принята к публикации: 12.02.2019

Received: 19 November 2018

Accepted: 12 February 2019

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



Фитнес

Руненко С.Д.

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

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

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

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.47

УДК: 61:796/799

Влияние курсового приема супероксиддисмутазы на параметры аэробной и анаэробной производительности квалифицированных спортсменов

Т.А. Пушкина¹, С.П. Левушкин², М.И. Малахов², В.Д. Сонькин²

¹ФГБУ ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, ФМБА России, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Министерство спорта РФ, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка способности препарата супероксиддисмутазы (СОД), при его пероральном введении спортсменам, повлиять на показатели их аэробной и анаэробной работоспособности. **Материалы и методы:** в работе в качестве испытуемых принимали участие 8 баскетболистов и 8 пловцов, имеющих уровень спортивной квалификации не ниже 1 взрослого разряда. Для оценки эффектов применения СОД трижды (до начала приема СОД; через 7 и 14 дней после начала приема СОД) проводились тестовые испытания по стандартной схеме: проведение антропометрических измерений и регистрация фоновых значений физиологических показателей; измерение максимальной анаэробной мощности в тесте на велоэргометре; отдых не менее 1 часа; измерение показателей аэробной производительности в рамptestе на велоэргометре. В процессе проведения указанных тестов регистрировали: частоту сердечных сокращений, показатели внешнего дыхания и газообмена, содержание лактата в крови. **Результаты:** через 7 дней после начала приема препарата СОД выявлено снижение максимальной аэробной производительности. При этом затраты кислорода на выполнение единицы работы снижаются в экспериментальной группе через 7 дней, но возвращаются на исходный уровень к концу второй недели воздействия препарата. Скорее всего, это не свидетельствует о позитивном воздействии СОД на механизмы аэробной энергопродукции. Общий результат анаэробного тестирования состоит в том, что в экспериментальной группе, по сравнению с контрольной, все мощностные показатели увеличиваются, а временные – снижаются. Возрастает мгновенная максимальная мощность, максимальная усредненная мощность, а также суммарная работа в тесте в расчете на 1 кг массы тела. Напротив, имеют выраженную тенденцию к снижению время достижения максимальной мощности и время ее удержания. Выраженными почти все эти различия становятся лишь через 2 недели приема СОД участниками экспериментальной группы. Из этого следует, что 1 неделя недостаточно для проявления в полной мере эффектов супероксиддисмутазы на параметры работоспособности спортсменов. **Выводы:** 1. Полученные результаты свидетельствуют в пользу предположения, что экзогенная СОД благоприятно сказывается на характеристиках анаэробной производительности. 2. Полученные результаты позволяют считать двухнедельный период минимальным для получения эргогенного эффекта экзогенной СОД при пероральном приеме препарата.

Ключевые слова: супероксиддисмутаза, аэробная и анаэробная производительность, анаэробный порог, максимальное потребление кислорода, максимальная анаэробная мощность

Для цитирования: Пушкина Т.А., Левушкин С.П., Малахов М.И., Сонькин В.Д. Влияние курсового приема супероксиддисмутазы на параметры аэробной и анаэробной производительности квалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 47-54. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.47.

Influence of course reception of superoxide dismutase on the parameters of aerobic and anaerobic performance of qualified athletes

Tatyana A. Pushkina¹, Sergey P. Levushkin², Maksim I. Malachov², Valentin D. Sonkin²

¹State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

²Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to evaluate the ability of the drug SOD, when administered orally to athletes, to affect the performance of their aerobic and anaerobic performance. **Materials and methods:** 8 basketball players and 8 swimmers with the level of sports qualification not lower than 1 adult category took part in the work as subjects. To assess the effects of SOD use, three times (before the beginning of SOD administration; 7 and 14 days after the start of SOD administration), standard tests were carried out in the following way: anthropometric measurements and the background level of physiological parameters recording; measurement of the maximum anaerobic power in the test on the bicycle ergometer; at least 1 hour of rest; measurement of aerobic performance in ramptest on a bicycle ergometer. Heart rate, external respiration and gas exchange, the content of lactate in the blood were

recorded during these tests. **Results:** 7 days after the start of SOD administration, a decrease in the maximum aerobic performance was found. At the same time, the cost of oxygen per unit of work was reduced in the experimental group after 7 days, but returns to the initial level by the end of the second week of exposure to the drug. Most likely, this fact didn't indicate a positive effect of SOD on the mechanisms of aerobic energy production. The overall result of anaerobic testing was that in the experimental group, compared with the control group, all the power indices increased, and the temporal parameters decreased. The instantaneous maximum power, the maximum averaged power, as well as the total work in the test per 1 kg of body weight increased. On the contrary, there was a pronounced tendency to reduce the time to reach the maximum power and the time of its retention. Almost all these differences became apparent only after 2 weeks of taking SOD by participants in the experimental group. From this it follows that 1 week is not enough for the manifestation of the full effect of superoxide dismutase on the performance parameters of athletes. **Conclusions:** 1. The results speak in favor of the assumption that exogenous SOD has a positive effect on the characteristics of anaerobic performance. 2. The results obtained allow us to consider the two-week period as the minimum for obtaining the ergogenic effect of exogenous SOD when taken orally.

Key words: superoxide dismutase, aerobic and anaerobic performance, anaerobic threshold, maximum oxygen consumption, maximum anaerobic power

For citation: Pushkina TA, Levushkin SP, Malachov MI, Sonkin VD. Influence of course reception of superoxide dismutase on the parameters of aerobic and anaerobic performance of qualified athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2019;9(1):47-54. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.47.

1.1 Введение

Повышенные физические нагрузки, характерные для соревновательного спорта, негативно сказываются на состоянии клеток и тканей организма спортсмена, что заставляет искать все новые методы защиты клеточных структур от такого рода повреждающих воздействий [1]. Одним из мощных негативных факторов, активизирующихся при выполнении тяжелых нагрузок, являются так называемые активные формы кислорода (АФК) и перекисное окисление липидов (ПОЛ). И то, и другое разрушительно действует на клеточные мембраны, нарушая их функцию и приводя к тяжелым последствиям [2-4].

Поиски средств, способных противостоять АФК и ПОЛ, привели к выявлению ряда субстанций, способных включаться в клеточные метаболические процессы и стабилизировать клеточные мембраны [5]. В этом ряду стоит фермент супероксиддисмутаза (СОД) – низкомолекулярный пептид, вырабатываемый во многих многоклеточных организмах, в том числе в организме человека, функция которого как раз и состоит в противодействии АФК [6-8]. Недавно найден способ получения активных форм СОД из растительного сырья и создан препарат, представляющий собой СОД, упакованный в особую защитную оболочку, благодаря чему активное вещество не повреждается в желудочно-кишечном тракте и в неизменной виде поступает в кровь [9, 10]. Показано, что введенная таким образом СОД стимулирует синтез собственной СОД организмом, что и определяет конечный позитивный эффект [11-13]. Препарат СОД не является лекарственным средством, а представляет собой сертифицированную растительную пищевую добавку, не вызывающую побочных эффекты [10].

Несмотря на широкий поиск различного рода пищевых добавок, способных помочь спортсмену в его стремлении к оптимизации функционального состояния организма, препараты СОД до настоящего времени не были использованы в спорте высших достижений. Полученные ранее нами данные лабораторных исследований на подопытных мышах и крысах продемонстрировали позитивное влияние экзогенной СОД на координационные способности и работоспособность животных [14].

Целью исследования – оценить, способен ли препарат супероксиддисмутаза, при пероральном введении спортсменам, повлиять на характеристики их аэробной и анаэробной производительности.

1.2 Материалы и методы

В работе в качестве испытуемых приняли участие 16 спортсменов мужского пола, имеющих спортивную квалификацию не ниже первого взрослого разряда (8 баскетболистов и 8 пловцов). Средний возраст – $19 \pm 2,1$ лет, стаж занятий спортом – не менее 6 лет. Все испытуемые были в случайном порядке разделены на две группы – экспериментальную (8 человек) и контрольную (8 человек). Экспериментальная группа получала препарат супероксиддисмутаза в виде капсул для ежедневного приема по установленной схеме, тогда как спортсмены контрольной группы принимали похожие капсулы, содержащие плацебо (мальтодекстрин).

При проведении исследования соблюдали все нормы биомедицинской этики в соответствии с Хельсинкской декларацией, каждый испытуемый добровольец давал письменное информированное согласие на участие в исследовании. Перед началом исследования каждый спортсмен прошел медицинское освидетельствование, включая кардиолога. В таблице 1 приведены результаты антропометрических измерений участников контрольной и экспериментальной групп до начала исследования.

Для оценки эффектов применения СОД трижды (до начала приема СОД; через 7 дней после начала приема СОД; через 14 дней после начала приема СОД) проводили тестовые испытания по стандартной схеме: проведение антропометрических измерений и регистрация фонового уровня физиологических показателей; измерение максимальной анаэробной мощности (МАМ) в тесте на механическом велоэргометре; отдых не менее 1 часа; измерение показателей аэробной производительности в рамптесте на электромеханическом велоэргометре.

В процессе проведения указанных тестов регистрировали: частоту сердечных сокращений (непрерывно, с помощью системы Polar, Финляндия); показатели внешнего дыхания и газообмена (непрерывно, с помощью

Таблица 1

Антропометрические характеристики спортсменов ($M \pm \delta$)

Table 1

Anthropometric characteristics of athletes ($M \pm \delta$)

Показатель/ Parameter	Контрольная группа/Control group (n=8)	Экспериментальная группа/Experimental group (n=8)
Масса тела/ Body mass, кг/kg	76,2 $\pm$ 6,5	72,6 $\pm$ 6,3
Длина тела/ Body length, см/sm	180 $\pm$ 6,6	178,7 $\pm$ 3,3
Масса жирового компонента/ Fat mass, %	9,2 $\pm$ 2,9	8,3 $\pm$ 0,7
Масса организма без жирового компонента/ Body mass without fat, кг/kg	70,9 $\pm$ 5,5	67,3 $\pm$ 5,3
Масса воды в организме/ Weight of water, кг/kg	51,9 $\pm$ 4	47,9 $\pm$ 3,8

Metalyzer 3B, Германия); содержание лактата в крови (в исходном состоянии; в процессе выполнения нагрузки; в восстановительном периоде – с помощью анализатора лактата LactatePlus (Sport), США).

Статистический анализ результатов производили средствами, доступными в MSEXCEL. При этом рассчитывали среднее арифметическое (M), среднеквадратическое отклонение (δ), ошибку среднего арифметического (m), достоверность различий (по Стьюденту). В качестве критического уровня значимости при оценке результатов статистического анализа использовался уровень значимости $P < 0,05$.

1.3 Результаты и их обсуждение

Результаты исследований представлены в таблице 2 в виде парных графиков, отражающих динамику изменений признака в контрольной и экспериментальной группах. В каждой строке таблицы отображен тот или иной функциональный показатель в динамике от 1 к 3 измерениям. Здесь 1 измерение соответствует исходным значениям, полученным до начала использования препарата СОД; 2 измерение произведено через 7 дней регулярного приема препарата (или плацебо – в контрольной группе); 3 измерение выполнено еще через неделю приема препарата. Дальнейшего наблюдения за динамикой состояния спортсменов мы не проводили.

Показатели сгруппированы в три блока: 1 блок – характеристика состояния организма на уровне анаэробного порога (АП), то есть при оптимальных для аэробного метаболизма условиях; 2 блок – характеристика состояния организма на уровне максимального потребления кислорода (МПК), то есть при реализации максимальной аэробной производительности; 3 блок – характеристика результатов тестирования максимальной анаэробной мощности (МAM).

Все значения на диаграммах представлены в виде процентов по отношению к исходному состоянию. Расчет процентных изменений производили для каждого испытуемого по его персональным данным, а потом усредняли для получения групповой характеристики. По этой причине даже небольшие по величине отклонения в ряде случаев носят достоверный характер, что будет указано на графиках по ходу представления материала.

На уровне анаэробного порога мы наблюдаем экономизацию функций кардиореспираторной системы под влиянием приема препарата СОД. Через 7 дней после начала эксперимента снижаются показатели ЧСС, легочной вентиляции, потребления кислорода, а также мощности нагрузки, при которой регистрируется анаэробный порог. В контрольной группе все эти показатели через неделю остаются примерно на исходном уровне. К концу второй недели показатели активности кардиореспираторной системы в экспериментальной группе либо продолжают снижаться, либо остаются на том же уровне; в контрольной группе наблюдается незначительное снижение перечисленных показателей. Никаких различий в динамике показателя «дыхательный коэффициент», который отражает метаболическое состояние организма, между контрольной и экспериментальной группой не выявлено. В обеих группах от первого ко второму измерению показатель несколько вырос, а затем остался примерно на достигнутом уровне.

Таким образом, имеется основание констатировать экономизацию кардиореспираторной функции у испытуемых под воздействием СОД при нагрузке, соответствующей активному аэробному метаболизму.

В таблице 3 представлены кривые, полученные по тому же набору показателей в условиях предельно напряженной активации аэробных процессов, то есть на уровне максимального потребления кислорода.

В таких условиях мы не видим значимых различий в динамике кардиореспираторных показателей между контрольной и экспериментальной группами. Некоторые показатели изменяются вообще синхронно – например, ЧСС и дыхательный коэффициент. Потребление кислорода в экспериментальной группе удерживается на одном уровне, а в контроле несколько возрастает к концу наблюдения (на грани достоверности). Мощность нагрузки, при которой достигается МПК, в экспериментальной группе снижается, тогда как в контрольной остается практически неизменной. Это может означать, что под воздействием СОД снижается максимальная аэробная производительность, причем эти изменения наступают уже через 7 дней после начала приема пищевой добавки, содержащей СОД. При этом затраты кислорода на выполнение единицы работы снижаются в экспериментальной группе через 7 дней, но возвращаются на исходный уровень к концу второй недели воздействия препарата. Все это, скорее всего, не свидетельствует о позитивном воздействии СОД на механизмы аэробной энергопродукции.

В таблице 4 представлены результаты, полученные при проведении Вингейтского анаэробного теста.

Таблица 2

Динамические изменения функциональных показателей организма спортсменов на уровне АП в контрольной и в экспериментальной группах под влиянием ежедневного приема экзогенной СОД

Table 2

Dynamic changes in the functional parameters of the body of athletes at the level of anaerobic threshold in the control and experimental groups under the influence of daily intake of exogenous SOD

Показатель/ Parameter	График/Graphic												
ЧСС при достижении АП/ HR upon reaching the anaerobic threshold	ЧСС, (1/мин) в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>99,0</td><td>97,2</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>94,4</td><td>95,8</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	99,0	97,2	Экс	100	94,4	95,8
Группа	1	2	3										
Кон	100	99,0	97,2										
Экс	100	94,4	95,8										
Вентиляция легких при достижении АП/ Lung ventilation upon reaching the anaerobic threshold	V'E (BTPS), (л/мин) в% <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>104,0</td><td>97,5</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>97,1</td><td>88,0</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	104,0	97,5	Экс	100	97,1	88,0
Группа	1	2	3										
Кон	100	104,0	97,5										
Экс	100	97,1	88,0										
Дыхательный коэффициент при достижении АП/ Respiratory coefficient upon reaching the anaerobic threshold	RER в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>109,9</td><td>106,7</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>113,5</td><td>109,1</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	109,9	106,7	Экс	100	113,5	109,1
Группа	1	2	3										
Кон	100	109,9	106,7										
Экс	100	113,5	109,1										
Поглощение кислорода при достижении АП/ Oxygen consumption upon reaching the anaerobic threshold	V'O2 (STPD), (л/мин) в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>102</td><td>103,1</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>80,6</td><td>78,3</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	102	103,1	Экс	100	80,6	78,3
Группа	1	2	3										
Кон	100	102	103,1										
Экс	100	80,6	78,3										
Мощность работы при достижении АП/ Work power upon reaching the anaerobic threshold	WR, Вт в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>103</td><td>98,4</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>93,7</td><td>89,6</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	103	98,4	Экс	100	93,7	89,6
Группа	1	2	3										
Кон	100	103	98,4										
Экс	100	93,7	89,6										

Таблица 3

Динамические изменения функциональных показателей на уровне МПК в контрольной и в экспериментальной группе под влиянием экзогенной СОД

Table 3

Dynamic changes in functional indicators upon reaching MOC in the control and experimental group under the influence of exogenous SOD

Показатель/ Parameter	График/ Graphic												
ЧСС при достижении МПК/ HR upon reaching MOC	ЧСС, (1/мин) в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>101.8</td><td>101.7</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>101.5</td><td>101.4</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	101.8	101.7	Экс	100	101.5	101.4
Группа	1	2	3										
Кон	100	101.8	101.7										
Экс	100	101.5	101.4										
Вентиляция легких при достижении МПК/ Lung ventilation upon reaching MOC	V'E (BTPS), (л/мин) в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>123.8</td><td>119.1</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>123.1</td><td>114.8</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	123.8	119.1	Экс	100	123.1	114.8
Группа	1	2	3										
Кон	100	123.8	119.1										
Экс	100	123.1	114.8										
Дыхательный коэффициент при достижении МПК/ Respiratory coefficient upon reaching MOC	RER в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>115.0</td><td>114.5</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>112.7</td><td>108.6</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	115.0	114.5	Экс	100	112.7	108.6
Группа	1	2	3										
Кон	100	115.0	114.5										
Экс	100	112.7	108.6										
Поглощение кислорода при достижении МПК/ Oxygen consumption upon reaching MOC	V'O2 (STPD), (л/мин) в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>104.0</td><td>110.1</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>101.4</td><td>102.1</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	104.0	110.1	Экс	100	101.4	102.1
Группа	1	2	3										
Кон	100	104.0	110.1										
Экс	100	101.4	102.1										
Мощность работы при достижении МПК/ Work power upon reaching MOC	WR, Вт в % <table><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>104.1</td><td>103.7</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>98.8</td><td>105.6</td></tr></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	104.1	103.7	Экс	100	98.8	105.6
Группа	1	2	3										
Кон	100	104.1	103.7										
Экс	100	98.8	105.6										

Таблица 4

Динамические изменения анаэробных показателей в контрольной и в экспериментальной группе под влиянием экзогенной СОД

Table 4

Dynamic changes of anaerobic parameters in the control and in the experimental group under the influence of exogenous SOD

Показатель/ Parameter	График/Graphic												
Максимальная мгновенная мощность на 1кг массы испытуемого/ Peak power per 1 kg of body mass	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>104,6</td><td>99,0</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>106,8</td><td>106,1*</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	104,6	99,0	Экс	100	106,8	106,1*
Группа	1	2	3										
Кон	100	104,6	99,0										
Экс	100	106,8	106,1*										
Время выхода на максимальную мгновенную мощность/ Retention time of peak power	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>100,6</td><td>73,7</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>82,8</td><td>84,1</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	100,6	73,7	Экс	100	82,8	84,1
Группа	1	2	3										
Кон	100	100,6	73,7										
Экс	100	82,8	84,1										
Максимальная усреднённая мощность на 1 кг массы испытуемого/ Maximum average power per 1 kg of body mass	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>101,1</td><td>98,3</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>102,6</td><td>105,1*</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	101,1	98,3	Экс	100	102,6	105,1*
Группа	1	2	3										
Кон	100	101,1	98,3										
Экс	100	102,6	105,1*										
Время выхода на максимальную усреднённую мощность/ Retention time of maximum average power	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>93,3</td><td>99,7</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>91,9</td><td>93,3*</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	93,3	99,7	Экс	100	91,9	93,3*
Группа	1	2	3										
Кон	100	93,3	99,7										
Экс	100	91,9	93,3*										
Время удержания максимальной усреднённой мощности на уровне 0,9/ Residence time of the maximum average power per level 0.9	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>110,0</td><td>113,0</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>99,1</td><td>106,5</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	110,0	113,0	Экс	100	99,1	106,5
Группа	1	2	3										
Кон	100	110,0	113,0										
Экс	100	99,1	106,5										
Суммарная работа на 1 кг массы испытуемого за одно повторение/ The overall work per 1 kg of body mass for one repetition	<table><thead><tr><th>Группа</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Кон</td><td>100</td><td>101,5</td><td>99,0</td></tr><tr><td>Экс</td><td>100</td><td>100,3</td><td>104,3*</td></tr></tbody></table>	Группа	1	2	3	Кон	100	101,5	99,0	Экс	100	100,3	104,3*
Группа	1	2	3										
Кон	100	101,5	99,0										
Экс	100	100,3	104,3*										

Общий результат анаэробного тестирования состоит в том, что в экспериментальной группе, по сравнению с контрольной, все мощностные показатели увеличиваются, а временные – снижаются. Так, возрастает мгновенная максимальная мощность, максимальная усредненная мощность, а также суммарная работа в тесте в расчете на 1 кг массы тела. Напротив, имеют выраженную тенденцию к снижению время достижения максимальной мощности и время ее удержания. И напротив, была выявлена выраженная тенденция снижения времени достижения максимальной мощности и времени ее удержания.

Следует отметить, что выраженными почти все эти различия становятся лишь через 2 недели приема СОД участниками экспериментальной группы. Из этого следует, что 1 недели недостаточно для проявления в пол-

ной мере эффектов супероксиддисмутазы на параметры работоспособности спортсменов.

1.4 Выводы

1. Полученные результаты свидетельствуют в пользу предположения, что экзогенная СОД благоприятно сказывается на характеристиках анаэробной производительности. По-видимому, этот механизм подключается именно в тех условиях, в которых отмечается активизация производства активных форм кислорода в тканях организма – а это наблюдается при активном участии анаэробного гликолиза в энергообеспечении мышечной работы [1].

2. Полученные результаты позволяют считать двухнедельный период минимальным для получения эргогенного эффекта экзогенной СОД при пероральном приеме препарата.

Список литературы

1. Skarpanska-Stejnborn A, Pilaczynska-Szczesniak L, Basta P, Deskur-Smielecka E, Woitas-Slubowska D, Adach Z. Effects of oral supplementation with plant superoxide dismutase extract on selected redox parameters and an inflammatory marker in a 2,000-m rowing-ergometer test // International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2011. №21(2). P. 124-34.
2. Younus H. Therapeutic potentials of superoxide dismutase // Int J Health Sci (Qassim). 2018. Vol.12, №3. P. 88-93.
3. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts // The FASEB Journal. 1987. Vol.1, №5. P. 358-64.
4. Bonetta R. Potential Therapeutic Applications of MnSODs and SOD-Mimetics // Chemistry. 2018. Vol.24, №20. P. 5032-41. DOI: 10.1002/chem.201704561.
5. Шанин Ю.Н., Шанин В.Ю., Зиновьев Е.В. Антиоксидантная терапия в клинической практике. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2003. 131 с.
6. McCord JM. The evolution of free radicals and oxidative stress // Am J Med. 2000. Vol.108, №8. P. 652-9.
7. Fridovich I. Superoxide radical and superoxide dismutases // Annual review of biochemistry. 1995. Vol.64, №1. P. 97-112.
8. Hassan W, Noreen H, Rehman S, Gul S, Kamal MA, Kamdem JP, Zaman B, da Rocha JBT. Oxidative Stress and Antioxidant Potential of One Hundred Medicinal Plants // Curr Top Med Chem. 2017. Vol.17, №12. P. 1336-70. DOI: 10.2174/1568026617666170102125648.
9. Carillon J, Fouret G, Feillet-Coudray C, Lacan D, Cristol JP, Rouanet JM. Short-term assessment of toxicological aspects, oxidative and inflammatory response to dietary melon superoxide dismutase in rats // Food Chem Tox. 2013. Vol.55. P. 323-8.
10. Décordé K, Ventura E, Lacan D, Ramos J, Cristol JP, Rouanet JM. An SOD rich melon extract Extramel prevents aortic lipids and liver steatosis in diet-induced model of atherosclerosis // Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 2010. №20(5). P. 301-7.
11. Lalles JP, Lacan D, David JC. A melon pulp concentrate rich in superoxide dismutase reduces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs // Nutrition. 2011. Vol.27, №3. P. 358-63.
12. Kost OA, Beznos OV, Davydova NG, Manickam DS, Nikolskaya II, Guller AE, Binevski PV, Chesnokova NB, Shekhter AB, Klyachko NL, Kabanov AV. Superoxide Dismutase 1 Nanozyme for Treatment of Eye Inflammation // Oxid Med Cell Longev. 2015. e:5194239. DOI: 10.1155/2016/5194239.

References

1. Skarpanska-Stejnborn A, Pilaczynska-Szczesniak L, Basta P, Deskur-Smielecka E, Woitas-Slubowska D, Adach Z. Effects of oral supplementation with plant superoxide dismutase extract on selected redox parameters and an inflammatory marker in a 2,000-m rowing-ergometer test. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2011;21(2):124-34.
2. Younus H. Therapeutic potentials of superoxide dismutase. Int J Health Sci (Qassim). 2018;12(3):88-93.
3. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. The FASEB Journal. 1987;1(5):358-64.
4. Bonetta R. Potential Therapeutic Applications of MnSODs and SOD-Mimetics. Chemistry. 2018;24(20):5032-41. DOI: 10.1002/chem.201704561.
5. Shanin YuN, Shanin VYu, Zinoviev EV. Antioxidant therapy in clinical cases. Saint-Petersburg, ELBI-SPb, 2003. 131 p. Russian.
6. McCord JM. The evolution of free radicals and oxidative stress. Am J Med. 2000;108(8):652-9.
7. Fridovich I. Superoxide radical and superoxide dismutases. Annual review of biochemistry. 1995;64(1):97-112.
8. Hassan W, Noreen H, Rehman S, Gul S, Kamal MA, Kamdem JP, Zaman B, da Rocha JBT. Oxidative Stress and Antioxidant Potential of One Hundred Medicinal Plants. Curr Top Med Chem. 2017;17(12):1336-70. DOI: 10.2174/1568026617666170102125648.
9. Carillon J, Fouret G, Feillet-Coudray C, Lacan D, Cristol JP, Rouanet JM. Short-term assessment of toxicological aspects, oxidative and inflammatory response to dietary melon superoxide dismutase in rats. Food ChemTox. 2013;55:323-8.
10. Décordé K, Ventura E, Lacan D, Ramos J, Cristol JP, Rouanet JM. An SOD rich melon extract Extramel prevents aortic lipids and liver steatosis in diet-induced model of atherosclerosis. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 2010;20(5):301-7.
11. Lalles JP, Lacan D, David JC. A melon pulp concentrate rich in superoxide dismutase reduces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs. Nutrition. 2011;27(3):358-63.
12. Kost OA, Beznos OV, Davydova NG, Manickam DS, Nikolskaya II, Guller AE, Binevski PV, Chesnokova NB, Shekhter AB, Klyachko NL, Kabanov AV. Superoxide Dismutase 1 Nanozyme for Treatment of Eye Inflammation. Oxid Med Cell Longev. 2015:e:5194239. DOI: 10.1155/2016/5194239.

13. Silva GÁF, Nunes RAL, Morale MG, Boccardo E, Aguayo F, Termini L. Oxidative stress: therapeutic approaches for cervical cancer treatment // Clinics (Sao Paulo). 2018. e:548. DOI: 10.6061/clinics/2018/e548s.

14. Пушкина Т.А., Токаев Э.С., Попова Т.С., Мурашев А.Н., Тропская Н.С., Кислякова Е.А., Шашкова И.Г., Жеребцов А.В. Доклинические исследования эффективности специализированного продукта спортивного питания для коррекции физической работоспособности и психофизиологического состояния при интенсивных нагрузках // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. №3. С. 5-12.

13. Silva GÁF, Nunes RAL, Morale MG, Boccardo E, Aguayo F, Termini L. Oxidative stress: therapeutic approaches for cervical cancer treatment. Clinics (Sao Paulo). 2018:e:548. DOI: 10.6061/clinics/2018/e548s.

14. Pushkina TA, Tokayev ES, Popova TS, Murasheva AN, Trotskaya NS, Kislyakova EA, Shashkova IG, Zherebtsov AV. Preclinical studies of the specialized sports nutrition product effectiveness for the correction of physical performance and psychophysiological state under intensive weight-bearing. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2017;(3):5-12. Russian.

Информация об авторах:

Пушкина Татьяна Анатольевна, ассистент кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. ORCID ID: 0000-0003-2910-3137

Левушкин Сергей Петрович, директор НИИ спорта и спортивной медицины Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма Минспорта России, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-6250-2231 (+7 (916) 965-00-94, levushkinsp@mail.ru)

Малахов Максим Игоревич, аспирант кафедры физиологии Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма Минспорта России. ORCID ID: 0000-0003-4704-9234

Сонькин Валентин Дмитриевич, заведующий кафедрой физиологии Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма Минспорта России, д.б.н., проф. ORCID ID: 0000-0003-3834-8080

Information about the authors:

Tatyana A. Pushkina, Assistant of the Department of Restorative Medicine, Sports Medicine, Balneology and Physiotherapy of the State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0003-2910-3137

Sergey P. Levushkin, Ph.D. (Biology), Prof., Director of the Scientific Research Institute of Sports and Sports Medicine of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0001-6250-2231 (+7 (916) 965-00-94, levushkinsp@mail.ru)

Maksim I. Malakhov, Postgraduate Student of the Department of Physiology of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0003-4704-9234

Valentin D. Sonkin, Ph.D. (Biology), Prof., Head of the Department of Physiology of the Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0003-3834-8080

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 20.12.2018

Принята к публикации: 24.01.2019

Received: 20 December 2018

Accepted: 24 January 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.55

УДК: 615.216.5

Разработка и доклинические исследования продукта «Фит Тонус» для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов

Э.С. Токаев¹, Т.А. Пушкина², Е.А. Некрасов¹, А.А. Хасанов¹, А.В. Коромыслов³

¹ООО «АКАДЕМИЯ-Т», г. Москва, Россия

²ФГБУ ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, ФМБА России, г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Министерство образования и науки РФ, г. Ярославль, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработка и испытания специализированного продукта питания для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов. **Материалы и методы:** объектами исследований являлись: 2 рецептуры разработанного специализированного продукта спортивного питания для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов в двух дозировках 30 мкг/г и 60 мкг/г; 200 крыс самцов линии Wistar. Исследования проводили в соответствии с официальными и общепринятыми методиками. В ходе работы использовались методы измерения физиологических параметров: артериальное давление, частота сердечных сокращений, температура тела, частота дыхания, ЭКГ; специализированные тесты: «подвешивание за хвост», беговая дорожка «Тредмил», оценка работоспособности и выносливости по показателям вынужденного (предельного) плавания, регистрация координации с помощью прибора Rota-ROD, тесты по оценке высшей нервной деятельности: навигационная память, лабиринт Барнс, тестирование формирования условного рефлекса пассивного избегания, тест «Открытое поле», измерение мышечной силы с помощью прибора Grip-strength meter (тест на силу хватки). **Результаты:** наилучший результат показала группа животных, получавших продукт в рецептуре 2 в дозе 60 мкг/г (содержавший супероксиддисмутазу). У этой группы животных снижалось время иммобилизации при подвешивании за хвост с увеличением длительности преодолеваемой дистанции на тредмиле, повышалось время вынужденного (предельного) плавания, а также увеличивалась локомоторная активность и сила хватки, что свидетельствовало о повышении физической выносливости, работоспособности и нейромышечной передачи. **Выводы:** выявлено, что «Фит Тонус» умеренно снижает уровень ситуативной тревожности мышей и способствует повышению работоспособности и скорости нейромышечной передачи.

Ключевые слова: доклинические исследования, стресс, антистресс, адаптогенные свойства, нейромышечная передача, спортивное питание

Для цитирования: Токаев Э.С., Пушкина Т.А., Некрасов Е.А., Хасанов А.А., Коромыслов А.В. Разработка и доклинические исследования продукта «Фит Тонус» для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 55-64. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.55.

Development and preclinical research of a product «Fit Tonus» for correction of a psychophysiological state and neuromuscular transfer in highly skilled athletes

Enver S. Tokaev¹, Tatiana A. Pushkina², Evgeniy A. Nekrasov¹, Adam A. Khasanov¹, Aleksandr V. Koromyslov³

¹«ACADEMY-T» LLC, Moscow, Russia

²State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

³Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia

ABSTRACT

Objective: development and tests of a specialized food stuff for correction of a psychophysiological state and neuromuscular transfer in highly skilled athletes. **Materials and methods:** objects of researches were: 2 prescriptions (in two dosages of 30 mkg/g and 60 mkg/g) of the developed specialized product of sports food for correction of a psychophysiological state and neuromuscular transfer in highly skilled athletes; 200 male rats of males of the Wistar line. Researches were conducted according to the official and standard techniques. Following physiological parameters were measured used during the study: arterial blood pressure, heart rate, body temperature, respiration rate, ECG; specialized tests: «suspension for a tail», the Tredmil racetrack, assessment of working capacity and endurance on indicators of the forced (limit) swimming, registration of coordination by means of the Rota-ROD device, tests according to higher nervous activity: navigation memory, a labyrinth Barnes, testing of forming of a conditioned

reflex of passive avoiding, the Open field test, measurement of an animal force by means of the Grip-strength meter device (the test for grasp force). **Results:** the best result was shown by group of the animals receiving the product in a prescription №2 in a dose of 60 mg/kg (containing a superoxide scavenger). In this group of animals immobilization time at suspension for a tail with increase in duration of the overcome distance on the treadmill decreased, time of the forced (limit) swimming raised and also the locomotory activity and force of a grasp increased that demonstrated increase in physical endurance, working capacity and neuromuscular transfer. **Conclusions:** it is revealed that «Fit Tonus» moderately reduces the level of situational uneasiness of mice and promotes increase in working capacity and speed of neuromuscular transfer.

Key words: preclinical research, stress, antistress, adaptogeny properties, neuromuscular broadcast, sports food

For citation: Tokaev ES, Pushkina TA, Nekrasov EA, Khasanov AA., Koromyslov AV. Development and preclinical research of a product «Fit Tonus» for correction of a psychophysiological state and neuromuscular transfer in highly skilled athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):55-64. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.55.

1.1 Введение

Спорт высоких достижений, как правило, сопряжен с экстремальными физическими и эмоциональными нагрузками, предъявляющими повышенные требования к состоянию здоровья, работоспособности и выносливости спортсменов. Согласно современной концепции развития спорта, огромное значение в расширении адаптации организма к предельной мобилизации душевных и физических сил в преодолении боли и усталости, направленной на получение высоких результатов имеет персонификация фармакологической и фармаконутриентной поддержки спортсменов [1–3].

Работами зарубежных и отечественных специалистов доказано, что успешное применение высококачественными спортсменами фармакологических препаратов, специализированных продуктов спортивного питания при экстремальных тренировочных и соревновательных нагрузках способствует достижению рекордных результатов на спортивных мероприятиях самого высокого уровня [2, 4].

Однако, несмотря на достигнутые успехи, поиск средств, позволяющих расширить возможности приспособления организма к чрезвычайно большим требованиям спорта высших достижений, продолжаются.

Большое внимание уделяется научному обоснованию использования в составе вновь создаваемых препаратов средств, повышающих не только работоспособность и выносливость, но и корригирующих психофизиологическое состояние и нейромышечную передачу при интенсивных нагрузках у высококвалифицированных спортсменов [4–7].

Первым этапом изучения эффективности разрабатываемых новых препаратов являются доклинические исследования. Так как в настоящее время нет единой регламентированной методики для доклинической оценки выносливости, работоспособности, психофизиологического и эмоционального состояния животных в настоящее время используется вся батарея стандартных тестов для определения исследуемых параметров [8–12].

Комплексное экспериментальное исследование с использованием современных методов оценки физической выносливости, работоспособности, параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем при интенсивной нагрузке у лабораторных животных, а также психоэмоционального состояния и нейромышечной передачи позволяет оценить безопасность и эффективность разработанного продукта для спортивного питания, а также обосновать оптимальную рецептуру и дозы [3, 4, 8, 10, 13].

1.2 Материалы и методы

Объектами исследований в работе явились: две рецептуры специализированного продукта для питания спортсменов «Фит Тонус» представленные в таблице 1.

Таблица 1

Рецептуры разработанного продукта

Table 1

Compoundings of the developed product

Наименование ингредиента/ The name of the ingredient	Рецептура 1/ Prescription 1 (%)	Рецептура 2/ Prescription 2 (%)
Экстракт красного апельсина «Серенцо»/Extract of red orange «Serenzo»	6,39	6,08
Экстракт пихты «Пренолит»/Fir Extract «Prenolit»	61,09	60,79
Экстракт сока дыни/ Melon juice extract	–	1,22
Экстракт виноградных выжимок и кожуры яблок «Винитрокс»/Grape Marc and Apple Peel Extract «Vinitrox»	1,82	1,51
Холин битартрат/ Choline bitartrate	30,7	30,4

Исследование проводили в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Использовали лабораторных крыс вида *Rattus sp.* (самцы) линии Wistar возрастом 15 недель. Животные были получены из лицензированного источника, имеющего действующую AAALAC аккредитацию – НПП «Питомник лабораторных животных» ФИБХ РАН (МО, г. Пущино). В конце периода введения вещества возраст животных составлял 21 неделю. Количество самцов составило 200. Программа эксперимента была разработана при участии и одобрении биоэтической комиссии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского.

Животные проходили адаптацию в карантине в течение 5 дней до начала введения препарата. В течение карантинного периода животных подвергали ежедневно внешнему осмотру с целью выявления возможных отклонений в состоянии их здоровья. Условия содержания соответствовали стандарту «ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики».

Экспериментальные группы животных отбирали таким образом, чтобы среднее значение массы тела животных статистически не варьировало между группами.

Животных содержали в контролируемых условиях окружающей среды (20-24°C и 45-65% относительная влажность). В комнатах содержания животных поддерживали режим освещения «день-ночь» (12 часовой цикл). В микроизоляторах обеспечивали 45-ти кратную смену объема воздуха в час. Кормили животных стандартным гранулированным кормом «Чара» (Ассортимент Агро, Россия), который давали *ad libitum*. Контроль работы автоклава при стерилизации кормов проводили с помощью термо-тест-полосок при каждом цикле автоклавирования. Поили животных автоклавированной водопроводной водой, прошедшей цикл дополнительной очистки от избыточных солей жесткости и ионов железа. Вода *ad libitum* в стандартных автоклавированных питьевых бутылочках со стальными крышками-носиками.

Животных идентифицировали цветными метками. Каждому животному присваивали индивидуальный идентификационный номер, фиксируемый на карточке клетки. Также указывали номер исследования, ф.и.о. руководителя исследования, номер группы, пол животных.

Исследования проводили в соответствии с официальными и общепринятыми методиками. В ходе работы использовали методы измерения физиологических параметров: артериальное давление; частота сердечных сокращений неинвазивным методом при помощи хвостовой манжетки на компьютерной установке (КС) «PowerLab 8/35» (ADInstruments Pty Ltd., Австралия); температура тела; частота дыхания и ЭКГ с помощью прибора Biopac MP36; специализированные тесты для оценки нейромuscularной передачи: измерение мышечной силы с помощью прибора Grip-strength meter (тест на силу хватки), регистрация координации с помощью прибора Rota-ROD; Для оценки психофизиологического состояния: лабиринт Барнс (оценка навигационной памяти и ориентации), тест «Открытое поле» (тест для изучения локомоторной активности, поведенческих паттернов, уровня тревожности), черно-белый испытательный бокс (тест для определения уровня тревожности животных), проблемная клетка (тест для изучения долговременной и кратковременной памяти), оценка поведения и двигательной активности (ИК, телеметрия); для оценки выносливости и работоспособности: водный лабиринт (тест на вынужденное (предельное) плавание), подвешивание за хвост (тест на выносливость), тредбан (тест на выносливость).

Исследования проводились в 3 этапа:

Этап I. Обоснование состава и исследование безопасности нового продукта «Фит Тонус» при интенсивных нагрузках.

Для оценки безопасности нового продукта проводятся два общепринятых теста:

– фармакологическая безопасность оценивалась по изменению температуры, артериального давления, ча-

стоты сердечных сокращений во всех сериях экспериментов по изучению эффективности нового продукта.

– острая токсичность оценена по способности продукта вызывать гибель животных при однократном введении исследуемого продукта в дозе не менее 2 мг/г.

Этап II. Исследование эффективности разработанного продукта спортивного питания на нейромuscularную передачу и психофизиологическое состояние.

Для оценки эффективности нового продукта проведены серии экспериментальных исследований: контрольная серия – крысы в течение 21 дня получали воду и стандартный рацион без добавки тестируемого продукта; опытные серии – крысы в течение 21 дня получали воду и стандартный рацион с добавкой тестируемого продукта в двух рецептурах и двух дозах (Д1 – 60 мкг/г; Д2 – 30 мкг/г) (табл. 2).

Таблица 2

Группы и дозировки

Table 2

Groups and dosages

№ п/п	Группа/Group	Препарат/ Preparation	Доза/Dose
1	Контроль/Control	Вода/Water	–
2	1 группа/Group 1	Рецептура 1/ Prescription 1	60 мкг/г
3	2 группа/Group 2	Рецептура 1/ Prescription 1	30 мкг/г
4	3 группа/Group 3	Рецептура 2/ Prescription 2	60 мкг/г
5	4 группа/Group 4	Рецептура 2/ Prescription 2	30 мкг/г

Этап III. Исследование эффективности разработанного продукта спортивного питания на выносливость и работоспособность.

Серии исследований: контрольная серия – крысы в течение 21 дня получали воду и стандартный рацион без добавки тестируемого продукта; опытные серии – крысы в течение 21 дня получали воду и стандартный рацион с добавкой тестируемого продукта в двух рецептурах и двух дозах.

На данном этапе исследования использовано 50 самцов крыс линии Wistar. Животные были разделены на 5 групп, согласно таблице 2.

Тестируемый препарат вводили перорально (зондом в желудок) ежедневно в течение 21 дня в одно и то же время в первой половине дня.

Использовали кратковременную фиксацию животных продолжительностью не более 10 сек., т.е. времени, которое достаточно для введения *per os* испытуемого препарата. Все животные проходили процедуру адаптации, которая заключалась в неоднократной фиксации животного в течение 10-15 сек.

Контрольным животным давали дистиллированную воду из расчета 0,1 мл на 10 г. веса. В течение всего ис-

следования у животных осуществляли клинический осмотр, регистрировали вес тела, потребление корма и воды.

Клинический осмотр каждого животного проводили перед первым введением и в последующем 1 раз в неделю в течение всего исследования. Он включал подробный осмотр животных в руках и на площадке. Регистрируемые признаки: изменения в коже, мехе, глазах, слизистых оболочках, появление секретов и экскретов, изменения походки, позы и реакции на взятие в руки. Также отмечали проявление и выраженность автономной активности (лакримация, пилоэрекция, размер зрачка, необычный характер дыхания), общую подвижность, исследовательскую активность, уринацию, дефекацию.

Масса тела регистрировалась перед первым введением и еженедельно в последующем (1, 10, 20, 21 дни).

Для всех количественных данных вычисляли групповое среднее арифметическое (М) и стандартная квадратичная ошибка (SEM). Статистический анализ проводили при помощи программы Statistic Base for Windows on Russian, 6.4 version. Анализ выполняли для каждой группы отдельно. Различия выявлялись при $p < 0,05$ уровне значимости, тенденции при уровне значимости $p < 0,1$ с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок, непараметрического U- критерия Манна-Уитни.

1.3 Результаты и их обсуждение

Обоснован состав специализированного продукта для питания спортсменов «Фит Тонус» из смеси экстрактов винограда и яблока Винитрокс, экстракта цитрусовых Серенцо, экстракта сока дыни, холина битартрата, полипенолов из экстракта пихты. Экстракт сока дыни содержит супероксиддисмутазу, которая является ключевым ферментом, лимитирующим процессы превращения супероксидного радикала в другие активные формы кислорода (прооксиданты), т.к. катализирует реакцию образования перекиси водорода из супероксидного анион-радикала. Экстракт пихты оказывает адаптогенное действие, т.е. повышает неспецифические защитные силы организма к различным неблагоприятным факторам биологической, физической и химической природы. Для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи высококвалифицированных спортсменов в состав продуктов следует включать различные природные антиоксиданты, например, олигомерные проантоцианидины (ОП). Они содержатся в больших количествах в таких растениях как яблоки, виноград, какао и др. и известны достаточно высокой антиоксидантной активностью. За последние годы проведено большое количество исследований, показывающих, что ОП обладают высокой стресс-протекторной, антиатерогенной и гепатопротекторной активностью. Экстракты виноградной косточки и яблока защищают клетки от окислительного повреждения стресса, снижают массовую долю креатинфосфокиназы в клетках и увеличивают в плазме крови уровень гемоглобина, образовавшийся усиленный кровоток улучшает передачу

нервного импульса. Холин – ещё один важный компонент, влияющий на передачу нервного импульса в организме. Холин образуется в организме из метионина. При его недостатке нарушается синтез фосфолипидов и возникает жировая инфильтрация печени. Он входит в состав лецитина, необходимого для построения клеточных мембран и плазмы крови, обладает липотропным действием. Наиболее популярным источником холина является пищевая добавка – фосфатидилхолин. Это вещество улучшает проводимость мембран клеток.

В результате проведения 1 этапа исследования на 30 крысах показано, что при введении животным продукта в двух рецептурах в дозе 2 мг/г не наблюдалось смертности животных, что позволяет отнести разработанный продукт в двух предложенных рецептурах к нетоксичным препаратам (5 класс токсичности согласно классификации OECD Series on Testing and Assessment. No. 33. Harmonised Integrated Classification System for Human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures. ENV/JM/MONO (2001)6).

На 2 этапе в соответствии с дизайном исследования для усиления интенсивности нагрузки животным всех групп давалась сочетанная нагрузка в виде теста подвешивания за хвост с последующим бегом на тредмиле.

Результаты исследования дистанции, которую пробежали животные на тредмиле в 1-й, 10-й и 20-й день тестирования, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Дистанция, которую пробежали животные разных групп в различные сроки тестирования (дистанция, м, ME (25; 75%))

Table 3

Race distance of animals of different groups in various terms of testing (distance, m, ME (25;75%))

Группа/ Group	1-й день/ 1 st day	10-ый день/ 10 th day	20-ый день/ 20 th day
Контроль/ Control	142 (107,25;222,25)	183,5 # (131,25;238,5)	158 (97,75;203,75)
1 группа/ Group 1	231,5 (176,25;286,5)	250,5 (218,25;258,75)	221,5 (198;258,25)
2 группа/ Group 2	128 (77,5;193,5)	167,5 (126;226,5)	162 (118,75;98)
3 группа/ Group 3	98 (71,25;163,25)	137 (36;160,75)	126 (85;152,5)
4 группа/ Group 4	138,5 (40,5;167,75)	127 (54,25;178,75)	123,5 (100,25;146)

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

– $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении 1-10 дня, 1-20 дня, внутри групп

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

– $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison between groups 1-10 days and 1-20 days

Как видно из таблицы 3, внутри групп в различные сроки тестирования наблюдалась тенденция к увеличению расстояния, которое пробежали животные в 1-й и 20-й дни в трех группах – контрольной, 2, 3 с приростом в 11%, 27% и 29%, соответственно. В группах 1 и 4 напротив, наблюдалась тенденция к снижению расстояния, которое пробежали животные.

Таким образом, при сравнении 1-го и 20-го дня тестирования наилучший результат после сочетанной нагрузки в виде теста подвешивания за хвост с последующим бегом на тредмиле, показала группа 3 (снижение общего времени иммобилизации на 5% в сочетании с увеличением расстояния, которое пробежали животные на 29%), что свидетельствует о повышении физической выносливости (снижение времени иммобилизации) и работоспособности (увеличении расстояния, которое преодолели животные).

В таблице 4 представлены изменения частоты дыхания (разница до- и после нагрузки в 1-й, 10-й и 20-й день эксперимента).

Как видно из таблицы 4, прирост частоты дыхания на нагрузку с 1-го по 20-й день эксперимента статистически значимо увеличился только в группе 3.

Таким образом, при сравнении 1-го и 20-го дня тестирования наилучший результат после сочетанной нагрузки в виде теста подвешивания за хвост с последующим бегом на тредмиле, показала группа 3 (снижение фоновой

частоты дыхания на 8% и статистически значимое увеличение прироста частоты дыхания на нагрузку), что свидетельствует о повышении тренированности этой группы животных по сравнению с остальными группами.

Результаты исследования ЧСС перед нагрузкой в 1-й, 10-й и 20-й день тестирования, представлены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5, статистически значимых различий ЧСС между контрольной и опытными группами на 1-й день тестирования не наблюдалось. На 20-й день тестирования ЧСС в группе 1 статистически значимо не отличалось от контрольной группы, в то время как ЧСС в группах 2, 3 и 4 была статистически значимо ниже ЧСС в контрольной группе.

Статистически значимых различий ЧСС в ответ на нагрузку между контрольной и опытными группами на всех сроках тестирования не наблюдалось.

Таким образом, при сравнении 1-го и 20-го дня тестирования наилучший результат после сочетанной нагрузки в виде теста подвешивания за хвост с последующим бегом на тредмиле, показала группа 3 (статистически значимое снижение фоновой ЧСС на 20-й день тестирования и статистически значимое увеличение ЧСС на нагрузку по сравнению с 1-ым днем), что свидетельствует о развитии в этой группе животных физиологической брадикардии при физических нагрузках и увеличении компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы.

На 22 день экспериментов выполнено вскрытие всех животных. При некропии не выявлено каких-либо отклонений в состоянии внутренних органов, полостей и тканей организма животных. При сравнении относительной массы печени, селезенки, почек, легких слепой кишки и семенников между группами каких-либо зако-

Таблица 4

Изменение частоты дыхания в ответ на нагрузку в различные дни эксперимента (вдох/мин, ME (25;75%))

Table 4

Respiratory rate changing in response to loading in different days of an experiment (breaths/min, ME (25;75%))

Группа/Group	1д/1 st D	10д/10 th D	20д/20 th D
Контроль/ Control	8,5 (-8,1;20,8)	1,0 (-5,45;24,25)	25,5 (18,5;38,85)
1 группа/Group 1	5,3 (-3,8;38,7)	33,0 * (5,85;59,15)	31,8 (27,9;50,4)
2 группа/Group 2	12,2 (5,3;49,25)	-3,2 # (-17,45;13,25)	35,1 (18,9;61,7)
3 группа/Group 3	18,4 (7,6;40,85)	16,2 (-1,35;27,6)	43,8 # (19,1;65,45)
4 группа/Group 4	0,6 (-17,8;16,7)	19,3 (-0,15;35,1)	27,0 (3,65;46,35)

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

– $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении 1-10 дня, 1-20 дня, внутри групп

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

– $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison between groups 1-10 days and 1-20 days

Таблица 5

ЧСС (фоновые значения – до нагрузки) в различные дни эксперимента (ударов/мин, ME (25;75%))

Table 5

Heart rate (background values – before loading) in different days of an experiment (beats/min, ME (25;75%))

Группа/ Group	1д/1 st D	10д/10 th D	20д/20 th D
Вода/ Water	432,8 (423,48;479,39)	445,5 (423,53;484,71)	446,6 (419,62;463,29)
Контроль/ Control	457,4 (420,7;492,2)	471,4 (418,8;487,9)	431,1 (410,1;470,4)
1 группа	433,7 (412,2;480,9)	441,4 (426,8;464,5)	388,99 * (385,08;395,32)
2 группа	430,4 (411,7;480,7)	450,6 (413,7;468,8)	399,4 * (381,1;431,9)
3 группа	417,0 (413,6;444,1)	441,0 (424,6;461,6)	413,3 * (399,7;436,4)

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

номерностей не выявлено. Результаты исследования относительной массы сердца представлены на рисунке 1.

Как видно из графика относительная масса сердца во всех исследуемых группах возрастает относительно нормы, что свидетельствует о развитии рабочей гипертрофии миокарда в ответ на интенсивные физические нагрузки. Таким образом, можно полагать, что выбранные экспериментальные модели адекватно отражают уровень интенсивных физических нагрузок.

Как видно из рисунка 2, относительная масса надпочечников статистически значимо снижена во всех опыт-



Рис. 1. Относительная масса сердца

Pic. 1. Relative mass of heart

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

– $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении всех групп с нормой

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

– $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of all groups with norm



Рис. 2. Относительная масса надпочечников

Pic. 2. Relative mass of adrenal glands

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

– $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении всех групп с нормой

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

– $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of all groups with norm

ных группах относительно контрольной (Вода). При этом значения в опытных группах не отличаются от нормы, что свидетельствует о развитии стрессовой гипертрофии надпочечников в контрольной группе. Таким образом, можно полагать, что разработанный продукт в обеих рецептурах и дозах обладает защитным эффектом в отношении стрессовой гипертрофии надпочечников.

На III этапе у всех животных проводили нагрузочное тестирование в виде плавания. Результаты общего времени плавания представлены в таблице 6.

Как видно из таблицы 6 во всех группах наблюдалась тенденция к увеличению времени плавания. Так, прирост времени плавания в контрольной группе на 20-й день тестирования составил 8%, в группе 1 – 7%, группе 2 – 22%, группе 3 – 28%, группе 4 – 5%.

Результаты общего времени пребывания животного на валу в тесте RotaRod представлены в таблице 7.

Как видно из таблицы 7, в группах 1, 3 и 4 наблюдалась тенденция к снижению времени пребывания на валу. В контрольной группе и в 2, напротив, время пребывания на валу возрастало на 12% и 26% соответственно.

В качестве показателя нейромышечной передачи оценивалась мышечная сила хватания.

Результаты мышечной силы хватания представлены в таблице 8.

В контрольной группе, получавшей воду, не наблюдали увеличения силы хватания ни в один из дней тестирования, в то время как во всех опытных группах наблюдали статистически значимое увеличение силы хватания на 20-й день тестирования относительно исходных значений.

Таким образом, наилучшую работоспособность и выносливость (прирост времени вынужденного плавания на 28 %) показали животные из группы 3. В то время как улучшение координации отмечено в группе 2. Повышение нейромышечной передачи (измерение силы хватания) наблюдалось во всех опытных группах по сравнению с контрольной.

У животных всех групп в 1-й, 10-й и 20-й день эксперимента были измерены показатели функции внешнего дыхания (частота дыхания, максимальный поток выдоха), функциональные показатели сердечно-сосудистой системы (артериальное давление и частота сердечных сокращений (ЧСС)) до и после сочетанной нагрузки в виде теста вынужденного плавания и бега на RotaRod с последующим измерением мышечной силы.

Результаты исследования частоты дыхания до и после нагрузки в 1-й, 10-й и 20-й день тестирования, представлены в таблице 9.

Как видно из таблицы 9 внутри групп в различные сроки тестирования наблюдалась тенденция к снижению частоты дыхания до нагрузки от 1-го к 20-му дню во всех группах. Так в контрольной группе снижение ЧД составляло 10%, в группе 1 – 25%, группе 2 – 16%, группе 3 – 8%, группе 4 – 19%.

Во всех исследуемых группах после нагрузки максимальный объем выдоха имел тенденцию к снижению. В

Таблица 6

Общее время плавания в различные сроки эксперимента (время, сек, Me (25;75%))

Table 6

The general time of swimming in various terms of an experiment (time, sec., Me (25;75%))

День исследования/Day of experiment	Контроль/Control	Группа 1/Group 1	Группа 2/Group 2	Группа 3/Group 3	Группа 4/Group 4
1-й день/1 st day	314,5 (268,0;406,0)	341,5 (271,0;417,0)	324,0 (250,0;374,0)	300,0 (255,0;508,0)	359,0 (281,0;415,0)
10-й день/10 th day	324,0 (270,0;398,0)	413,5* (360,0;505,0)	349,5 (330,0;430,0)	403,0 (284,0;500,0)	342,0 (310,0;483,0)
20-й день/20 th day	340,5 (285,0;400,0)	367,0 (325,0;506,0)	394,0 (336,0;459,0)	382,5 (353,0;428,0)	375,5 (341,0;413,0)

* – $p \leq 0,05$ согласно тесту ANOVA для повторных измерений относительно значения в 1-й день для данной группы, post hoc Duncan

* – $p \leq 0,05$ according to the ANOVA test for repeated measurements concerning value in the 1st day for this group, post hoc Duncan

Таблица 7

Общее время пребывания животного на валу в различные сроки эксперимента (время, сек, Me (25;75%))

Table 7

The general time of stay of an animal on a shaft in various terms of an experiment (time, sec., Me (25;75%))

День исследования/Day of experiment	Контроль/Control	Группа 1/Group 1	Группа 2/Group 2	Группа 3/Group 3	Группа 4/Group 4
1-й день/1 st day	34 (31;40)	36 (33;40)	34 (30;42)	45 (39;51)	40 (37;47)
10-й день/10 th day	38 (30;47)	31 (29;52)	43 (28;48)	35 (28;44)	39 (33;43)

* – $p \leq 0,05$ согласно тесту ANOVA для повторных измерений относительно значения в 1-й день для данной группы, post hoc Duncan

* – $p \leq 0,05$ according to the ANOVA test for repeated measurements concerning value in the 1st day for this group, post hoc Duncan

Таблица 8

Мышечная сила хватания в различные сроки эксперимента (сила, кг, $M \pm STD$)

Table 8

The muscular force of a hvataniye in various terms of an experiment (force, kg, $M \pm STD$)

День исследования/Day of experiment	Контроль/Control	Группа 1/Group 1	Группа 2/Group 2	Группа 3/Group 3	Группа 4/Group 4
1-й день/1 st day	1,37 $\pm$ 0,48	1,20 $\pm$ 0,48	1,47 $\pm$ 0,67	1,18 $\pm$ 0,34	1,07 $\pm$ 0,33
10-й день/10 th day	1,42 $\pm$ 0,17	1,44 $\pm$ 0,27	1,54 $\pm$ 0,40	1,45 $\pm$ 0,39	1,47 $\pm$ 0,36*
20-й день/20 th day	1,65 $\pm$ 0,33	1,83 $\pm$ 0,26*	1,77 $\pm$ 0,29*	1,66 $\pm$ 0,26*	1,83 $\pm$ 0,36*

* – $p \leq 0,05$ согласно тесту ANOVA для повторных измерений относительно значения в 1-й день для данной группы, post hoc Duncan

* – $p \leq 0,05$ according to the ANOVA test for repeated measurements concerning value in the 1st day for this group, post hoc Duncan

20-й день тестирования та же тенденция наблюдалась в группах 1 и 2, в то время как в контрольной, 3 и 4 группах максимальный объем выдоха после нагрузки, напротив, возрастал, что может свидетельствовать о лучшей тренированности животных этих групп.

В результате исследования определено, что в 1-й день тестирования во всех исследуемых группах после нагрузки ЧСС имела тенденцию к возрастанию. В 20-й день тестирования та же тенденция наблюдалась в группах 1 (+5%), 3 (+7%) и 4 (+3%), что может свидетельствовать об адекватной реакции на нагрузку. В то время как в

контрольной, так и в Р1Д2 группах ЧСС после нагрузки, напротив, снижалась, что может свидетельствовать о снижении компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы у животных этих групп.

Результаты исследования локомоторной активности (тест «Открытое поле») представлены в таблице 10.

Как видно из таблицы 10, имела ярко выраженная тенденция к увеличению локомоторной активности в группе 3 по сравнению с другими группами (увеличение времени перемещения, увеличение пройденной дистанции, уменьшение времени неподвижности).

Долговременную память животных оценивали в тесте на формирование условного рефлекса пассивного избегания (УРПИ) болевого стимула. Статистически значимых различий между группами не наблюдалось. Однако, в группе 2 имела ярко выраженная тенденция к уменьшению процента животных, зашедших в темную камеру, где их ожидает болевой стимул (только у 11% животных в группе 2 не сформировался УРПИ, в то время как в контрольной группе таких 25%).

Результаты исследования навигационной памяти (тест «Лабиринт Барнс») представлены в таблице 11.

Статистически значимых различий между группами не наблюдалось. Однако, во всех опытных группах имела тенденция к увеличению времени захода в норку по сравнению с контрольной, что может косвенно указывать на снижение уровня тревожности и повышения уровня навигационной памяти у животных опытных групп.

Таблица 9

Частота дыхания в различные дни эксперимента (вдох/мин, ME (25;75%))

Table 9

Breath frequency in different days of an experiment (breath/minute, ME (25;75%))

День исследования/Day of experiment	Контроль/Control		Группа 1/Group 1		Группа 2/Group 2		Группа 3/Group 3		Группа 4/Group 4	
	До/ before	После/ after	До/ before	После/ after	До/ before	После/ after	До/ before	После/ after	До/ before	После/ after
1-й/1 st	169 (162;176)	163 (154;176)	197 (176;205)	159 (143;192)	160 (150;173)	143 (129;169)	168 (146;184)	148 (132;161)	182 (168;194)	165 (155;170)
10-й/10 th	161 (141;176)	157 (145;163)	154 (135;166)	162 (145;192)	138 (126;150)	148 (132;175)	159 (144;166)	154 (132;168)	156 (127;171)	148 (129;158)
20-й/20 th	153 (143;171)	158 (135;164)	148 (128;162)	136 (122;154)	136 (125;156)	134 (119;153)	153 (134;161)	155 (127;157)	148 (127;152)	143 (124;153)

* – $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении опытных групп с контролем

– $p < 0,05$ отличия статистически значимы в сравнении 1-10 дня, 1-20 дня, внутри группы

* – $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison of skilled groups with control

– $p < 0,05$ differences are statistically significant in comparison between groups of 1-10 days, 1-20 days, in group

Таблица 10

Тест «Открытое поле», ME (25;75,%)

Table 10

«Open field» test, ME (25;75, %)

21-й день исследования/ 21 st day of research	Контроль/Control	Группа 1/Group 1	Группа 2/Group 2	Группа 3/Group 3	Группа 4/Group 4
Время перемещения, сек/ Handling time, sec	61,5 (34,0;86,0)	85,0 (47,0;112,0)	64,0 (55,5;100,0)	92,0 (58,0;99,0)	59,0 (48,0;75,0)
Время неподвижности, сек/ Time of immobility, sec	118,5 (94,0;146,0)	95,0 (68,0;133,0)	116,0 (80,0;125,0)	88,0 (81,0;122,0)	121,0 (104,0;132,0)
Пройденная дистанция, м/ Cover a distance, m	14,5 (8,2;20,7)	21,5 (12,2;30,9)	16,9 (12,8;27,9)	23,6 (13,1;29,5)	14,7 (11,4;21,6)
Дистанция в центре, м/ Center distance, m	0,35 (0,2;1,4)	0,6 (0,10;1,1)	0,65 (0,2;1,2)	0,85 (0,50;1,1)	0,75 (0,2;1,2)

Таблица 11

Исследование навигационной памяти (тест «Лабиринт Барнс»), ME (25;75,%)

Table 11

Research of navigation memory (Labyrinth Barnes test), ME (25;75, %)

21-й день исследования/ 21 st day of research	Контроль/ Control	Группа 1/Group 1	Группа 2/Group 2	Группа 3/Group 3	Группа 4/Group 4
Латентное время захода в норку, сек/ Latent time to mink, sec	29,5 (14,0;66,0)	92,0 (24,0;180,0)	65,0 (33,0;180,0)	50,5 (40,0;90,0)	39,0 (15,0;180,0)

В результате 21-дневного внутрижелудочного введения самцам крыс Wistar спортивного питания в двух рецептурах в дозах 1 и 2 отклонений показателей гемограммы и данных биохимических исследований от контрольного уровня не выявлено. Достоверных отличий в показателях гемограммы и биохимии крови между группами не зарегистрировано.

1.4 Выводы

Проведенные доклинические испытания продукта спортивного питания для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи у высококвалифицированных спортсменов «Фит Тонус» при интенсивных нагрузках на лабораторных животных позволили оценить безопасность и эффективность двух предложенных рецептур продукта в двух дозах.

Оценка безопасности разработанного продукта была выполнена с использованием метода изучения острой токсичности с определением максимальной переносимой дозы. Установлено, что при введении животным продукта в двух рецептурах в дозе 2 мг/г не наблюдалось смертности животных, что позволяет отнести разработанный продукт в двух предложенных рецептурах к нетоксичным препаратам (5 класс токсичности).

Выбранные экспериментальные тесты выносливости и работоспособности позволили оценить адекватный уровень физических нагрузок для тестирования продукта. На протяжении эксперимента в ответ на нагрузку у животных всех групп развивалась гипертермия. К окончанию эксперимента во всех исследуемых группах относительная масса сердца возрастала относительно нормы, что свидетельствовало о развитии рабочей гипертрофии миокарда в ответ на интенсивные физические нагрузки.

Результаты исследований показали, что разработанный продукт в обеих рецептурах и тестируемых дозах обладает защитным эффектом в отношении стрессовой гипертрофии надпочечников. Так, в контрольной группе (вода) развивалась стрессовая гипертрофия надпо-

чечников, в то время как в опытных группах (продукт) относительная масса надпочечников не отличалась от нормы. Разработанный продукт в обеих рецептурах и тестируемых дозах для коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи продемонстрировал эффективность по большинству исследуемых параметров в опытных группах по сравнению с контрольной.

Наилучший результат показала группа животных, получавших продукт в рецептуре 2 в дозе 60 мкг/г (содержавший супероксиддисмутазу). У этой группы животных снижалось время иммобилизации при подвешивании за хвост с увеличением длительности преодолеваемой дистанции на тредмиле, повышалось время вынужденного (предельного) плавания, а также увеличивалась локомоторная активность и сила хватки, что свидетельствовало о повышении физической выносливости, работоспособности и нейромышечной передачи. По данным показателей функции внешнего дыхания в данной группе происходило снижение частоты дыхания до нагрузки (переход на экономичное дыхание) с одновременным увеличением прироста частоты дыхания и максимального объема выдоха после нагрузки, что свидетельствовало о повышении тренированности этой группы животных по сравнению с остальными группами. По показателям сердечно-сосудистой системы в данной группе наблюдалось снижение ЧСС до нагрузки с увеличением ЧСС после нагрузки, что свидетельствовало о развитии в этой группе животных физиологической брадикардии покоя и увеличении компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы.

В целом, полученные данные свидетельствуют о безопасности и эффективности разработанного продукта в обеих рецептурах в отношении коррекции психофизиологического состояния и нейромышечной передачи при интенсивных физических нагрузках. Наилучший результат показала группа животных, получавших продукт в рецептуре 2 в дозе 60 мкг/г.

Список литературы

1. Кукес В.Г., Городецкий В.В. Спортивная фармакология: достижения, проблемы, перспективы // Спортивная медицина: наука и практика. 2010. №1. С. 12-5.
2. Михайлов С.С. Спортивная биохимия. М.: Советский спорт, 2004. 220 с.
3. Ivo Van Hilvoorde. Biotechnology. Berkshire encyclopedia of world sport. VU: University Amsterdam. 2013. P. 135-40.
4. Токаев Э.С., Кинзирский А.С., Некрасов Е.А., Хасанов А.А., Краснова И.С. Доклинические исследования препарата «Антистресс» для повышения противотревожного действия // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. №2. С. 56-62.
5. Thierry B, Steru L, Chermat R, Simon P. Searching-waiting strategy: a candidate for an evolutionary model of depression // Behav. Neural. Biol. 1984. Vol.41. P. 180-9.

References

1. Kukes VG, Gorodetsky VV. Sports pharmacology: achievements, problems, prospects. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2010;(1):12-5. Russian.
2. Mikhaylov SS. Sports biochemistry. Moscow, Sovetskiy Sport, 2004. 220 p. Russian.
3. Ivo Van Hilvoorde. Biotechnology. Berkshire encyclopedia of world sport. VU, University Amsterdam. 2013:135-40.
4. Tokaev ES, Kinzirsky AS, Nekrasov EA, Khasanov AA, Krasnova IS. Preclinical researches of the medicine «Antistress» for increase in antistressing action. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2014;(2):56-62. Russian.
5. Thierry B, Steru L, Chermat R, Simon P. Searching-waiting strategy: a candidate for an evolutionary model of depression. Behav. Neural. Biol. 1984;41:180-9.

6. **Lalle's J-P, Lacan D, David J-C.** A melon pulp concentrate rich in superoxide dismutase reduces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs // *Nutrition*. 2010. P. 1-6.

7. **Tan A, Rajadas J, Seifalian AM.** Biochemical engineering nerve conduits using peptide amphiphiles // *J. Control. Release*. 2012. Vol.163. P. 342-52.

8. **Каркищенко В.Н., Каркищенко Н.Н.** Методы доклинических исследований в спортивной фармакологии // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2013. №1. С. 7-17.

9. **Shepherd JK, Grewal SS, Fletcher A Bill DJ, Dourish CT.** Behavioural and pharmacological characterisation of the elevated «zero_maze» as an animal model of anxiety // *Neuroscience*. 2007. Vol.149. P. 477-86.

10. **Хабриев Р.У.** Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: «Медицина», 2005. 832 с.

11. **Costal B, Jones BJ, Kelly ME.** Exploration of mice in a black and white test box: validation as a model of anxiety // *Pharmacol. Biochem. Behav.* 1989. Vol.32. P. 777-85.

12. **D'Alessio PA, Ostan R, Bisson JF, Schulzke JD, Ursini MV, Béné MC.** Oral administration of d-Limonene controls inflammation in rat colitis and displays antiinflammatory properties as diet supplementation in humans // *Life Sciences* 2013. Vol.92. P. 1151-6.

13. **D'Alessio PA, Bisson J-F, Béné MC.** Anti-Stress Effects of d-Limonene and Its Metabolite Perillyl Alcohol // *Rejuvenation Research*. 2014. Vol.17, №2. P. 145-9.

6. **Lalle's J-P, Lacan D, David J-C.** A melon pulp concentrate rich in superoxide dismutase reduces stress proteins along the gastrointestinal tract of pigs. *Nutrition*. 2010:1-6.

7. **Tan A, Rajadas J, Seifalian AM.** Biochemical engineering nerve conduits using peptide amphiphiles. *J. Control. Release*. 2012;163:342-52.

8. **Karkishchenko VN, Karkishchenko NN.** Methods of pre-clinical researches in sports pharmacology. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2013;(1):7-17. Russian.

9. **Shepherd JK, Grewal SS, Fletcher A, Bill DJ, Dourish CT.** Behavioural and pharmacological characterisation of the elevated «zero_maze» as an animal model of anxiety. *Neuroscience*. 2007;149:477-86.

10. **Habriyev RU.** The guide to experimental (preclinical) studying of new pharmacological substances. Moscow, «Medicine», 2005. 832 p. Russian.

11. **Costal B, Jones BJ, Kelly ME.** Exploration of mice in a black and white test box: validation as a model of anxiety. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 1989;32:777-85.

12. **D'Alessio PA, Ostan R, Bisson JF, Schulzke JD, Ursini MV, Béné MC.** Oral administration of d-Limonene controls inflammation in rat colitis and displays antiinflammatory properties as diet supplementation in humans. *Life Sciences*. 2013;92:1151-6.

13. **D'Alessio PA, Bisson J-F, Béné MC.** Anti-Stress Effects of d-Limonene and Its Metabolite Perillyl Alcohol. *Rejuvenation Research*. 2014;17(2):145-9.

Информация об авторах:

Токаев Энвер Саидович, генеральный директор ООО «АКАДЕМИЯ-Т», д.т.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-8701-5621

Пушкина Татьяна Анатольевна, ассистент кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБУ ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России. ORCID ID: 0000-0003-2910-3137

Некрасов Евгений Александрович, заместитель генерального директора ООО «АКАДЕМИЯ-Т», к.т.н. ORCID ID: 0000-0003-4071-5089

Хасанов Адам Алиевич, научный сотрудник ООО «АКАДЕМИЯ-Т», к.т.н. ORCID ID: 0000-0003-0953-0334 (+7 (926) 264-48-25, hasanov@ac-t.ru)

Коромыслов Александр Владимирович, доцент кафедры медико-биологических основ спорта ФГБОУ ВО ЯГПУ им. К.Д. Ушинского Минобрнауки России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-4096-7075

Information about the authors:

Enver S. Tokaev, D.Sc. (Technics), Prof., CEO of the «ACADEMY-T» LLC. ORCID ID: 0000-0002-8701-5621

Tatiana A. Pushkina, Assistant of the Department of Restorative Medicine, Sports Medicine, Balneology and Physical Therapy of the State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0003-2910-3137

Evgeniy A. Nekrasov, Ph.D. (Technics), Deputy Director General of the «ACADEMY-T» LLC. ORCID ID: 0000-0003-4071-5089

Adam A. Khasanov, Ph.D. (Technics), Scientist of the «ACADEMY-T» LLC. ORCID ID: 0000-0003-0953-0334 (+7 (926) 264-48-25, hasanov@ac-t.ru)

Aleksandr V. Koromyslov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Medical and Biological Basis of Sport of the Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky. ORCID ID: 0000-0003-4096-7075

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 11.02.2019

Принята к публикации: 13.03.2019

Received: 11 February 2019

Accepted: 13 March 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.65

УДК: 575.224.23:612.419:599.323.4:57.084.1:615.849.19

Цитогенетические нарушения в клетках тимуса как возможный побочный эффект при комбинированной лазеротерапии скелетных мышц (экспериментальное исследование)

Н.В. Булякова, В.С. Азарова

ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова,
Российская академия наук, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: анализ функционального состояния тимуса в условиях курсового воздействия лазерного излучения на мышцы голени взрослых крыс. **Материалы и методы:** на 25 животных определяли массу тимуса, пролиферативную активность (митотический индекс, МИ) и возможный цитогенетический эффект (хромосомные aberrации – ХА) на клетки тимуса. Условия облучения: импульсное инфракрасное (890 нм, 1500 Гц, выходная мощность 8 Вт) и непрерывное красное (632.8 нм) лазерное излучение. Проведено 5 серий опытов: изучение тимусов у контрольных крыс с необлученными голенями (1-я серия); у крыс через сутки (2-я серия) или месяц (3-я серия) после завершения комбинированного лазерного облучения обеих голеней, по 5 экспозиций с ежедневным чередованием; через сутки после воздействия только импульсного инфракрасного (4-я серия, 5 экспозиций) или только красного (5-я серия, 5 экспозиций) лазерного излучения с интервалами 1-2 суток. Хромосомные aberrации определяли ана-телофазным методом. **Результаты:** во 2-й серии наблюдалась тенденция к снижению массы тимуса, уменьшению коркового вещества и увеличению ХА ($P<0.01$). МИ тимоцитов практически не изменялся. В 3-й серии выявлена тенденция к увеличению массы тимуса и ширины коркового слоя. МИ был более низким ($P<0.1$). Количество ХА снижалось ($P<0.01$) и приближалось к контролю. В 4-й серии исследованные показатели практически не изменялись по сравнению с контролем. Можно отметить только незначительное увеличение ХА. В 5-й серии отмечалось увеличение массы тимуса ($P<0.01$) и снижение ХА ($P<0.01$). Структура тимуса и МИ тимоцитов не отличались от контроля. **Выводы:** при комбинированном интенсивном лазерном облучении скелетных мышц могут происходить нарушения в хромосомном аппарате клеток тимуса (ХА), по-видимому, как результат превышения допустимой терапевтической нормы. В дальнейшем происходит постепенное восстановление. При более щадящем режиме лазеротерапии скелетных мышц цитогенетический эффект (ХА) после инфракрасного лазерного облучения не увеличивался, после воздействия красного лазерного излучения наблюдался стимулирующий эффект, снижение количества спонтанных ХА в тимусе.

Ключевые слова: тимус, мышцы, импульсное инфракрасное и красное лазерное излучение, цитологический и цитогенетический эффект, лабораторные крысы, ана-телофазный метод

Для цитирования: Булякова Н.В., Азарова В.С. Цитогенетические нарушения в клетках тимуса как возможный побочный эффект при комбинированной лазеротерапии скелетных мышц (экспериментальное исследование) // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 65-72. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.65.

Cytogenetic abnormalities in thymus cells as a possible side effect of combined skeletal muscle laser therapy (experimental study)

Nelly V. Bulyakova, Valentina S. Azarova

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: the functional analysis of the thymus during a course of laser therapy of the calf muscles of adult rats. **Materials and methods:** thymus mass, proliferative activity (mitotic index, MI) and possible cytogenetic effect on thymus cells (chromosome aberrations – CA) were studied on 25 adult rats. Irradiation conditions: pulsed infrared (890 nm, 1500 Hz, output power 8 W) and continuous red (632.8 nm) laser radiation. 5 series of experiments were carried out: study of thymus in control rats with non-irradiated legs (1st series); 1 day (2nd series) or 1 month (3rd series) after completion of combined laser irradiation of both calves (5 exposures with daily alternation); 1 day after exposure to only infrared (4th series, 5 exposures) or only red laser radiation (5th series, 5 exposures) with 1-2 day intervals. Chromosomal aberrations were determined by the ana-telophase method. **Results:** a thymus weight reduction tendency, reduction of the cortex and increased CA were observed in the 2nd series ($P<0.01$). MI of thymocytes did not change. The 3rd series showed the increasing thymus mass tendency and increasing of the width of the cortical layer. MI was lower ($P<0.1$);

CA decreased ($P<0.01$) and approached to control. The studied parameters of the 4th series were practically unchanged in comparison with the control. Only non-considerable increase of CA could be noted. The 5th series showed the increase of the thymus mass ($P<0.01$) and decrease of CA ($P<0.01$). The structure of thymus and MI thymocytes did not differ from control. **Conclusions:** the destabilization of the chromosome apparatus of thymus cells and the appearance of CA may occur during combined intensive laser irradiation of skeletal muscles, apparently, as a result of exceedance of the permissible therapeutic norm. There is a gradual recovery in the following. After only infrared laser irradiation, the cytogenetic effect (CA) did not increase, after exposure to red laser radiation, a stimulating effect was observed including reduction of the number of spontaneous CA in the thymus.

Key words: thymus, muscles, infrared and red lasers, cytological and cytogenetic effects, rats, ana-telophase method

For citation: Bulyakova NV, Azarova VS. Cytogenetic abnormalities in thymus cells as a possible side effect of combined skeletal muscle laser therapy (experimental study). *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):65-72. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.65.

1.1 Введение

В настоящее время в спортивной медицине широко применяются лазеры низкой интенсивности. Воздействие лазерного излучения на мышцы спортсменов перед тренировкой или после соревнований ускоряет процесс восстановления, улучшает биохимические показатели крови и мышечной ткани, позволяет быстро повысить выносливость к физическим нагрузкам и восстановить физическую работоспособность скелетных мышц [1-5]. Для реабилитации чаще всего применяются лазеры, излучающие в красном и инфракрасном диапазонах светового спектра. По мнению некоторых исследователей, комбинированное воздействие красного и инфракрасного лазерного облучения может значительно повышать эффективность лазеротерапии [6].

При этом воздействие лазерного излучения на периферические органы и ткани оказывает системный эффект на организм в целом, включая иммунную систему. Установлено, что лазерные лучи в зависимости от области облучения, длины волны, дозы и режима воздействия могут оказывать как стимулирующее, так и угнетающее действие на органы иммунной системы [7]. Показаны структурные нарушения в тимусе крысы после продолжительного воздействия лучей He-Ne лазера на проекцию бедренной вены [8]. Облучение брюшной стенки в эпигастральной области интактных крыс инфракрасными лучами вызывало структурно-функциональные изменения в тимусе, общая направленность которых свидетельствовала о повышении активности иммунной системы [9].

Вопрос о дестабилизации генома клеток тимуса и нарушениях в структуре хромосом дискутируется. Полагают, что воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения в терапевтических дозах не обладает мутагенным эффектом, но может влиять на генную активность, что выражается в активации или снижении активности отдельных геномных локусов [10, 11]. Отмечались также изменения в состоянии хроматина ядер лимфоцитов, когда участки ДНК освобождаются от связи с гистонами, что способствует усилению репликационной и транскрипционной активности в лимфоидных клетках [9]. Некоторые исследователи предлагают рассматривать появление новых качественных и количественных изменений в биологических тканях после лазерного воздействия не как результат истинных мутаций, а как следствие ненаследуемых эпигенетических модифика-

ций [12]. Появляющиеся новые качественные и количественные признаки некоторое время сохраняются, но в дальнейшем постепенно нивелируются.

Данных о цитогенетических нарушениях в тимусе как о возможном побочном эффекте системного влияния лазеротерапии скелетных мышц мы не встречали. Однако проблема актуальна в связи с тем, что, с одной стороны, выбор оптимальной дозы лазеротерапии скелетных мышц во многом имеет эмпирический характер. Имеющиеся в литературе экспериментальные данные и наблюдения в клинической практике получены при воздействии различных лазерных установок, при различных спектрах лазерного излучения, различных дозах, режимах и тактике лечения, и трудно поддаются обобщению. Возможны передозировки энергетического облучения, превышение терапевтического коридора лазерного воздействия и снижение функции тимуса как побочный результат системного эффекта лазеротерапии. С другой стороны, увеличение объема тренировок, а также предельных физических нагрузок и стрессовых воздействий в период спортивных соревнований вызывает «спортивный иммунодефицит», что выражается в снижении защитных сил организма к инфекциям и подавлении функции некоторых показателей иммунитета [13-15].

Цель исследования – оценить состояние центрального органа иммунной системы (тимуса) в результате системного влияния курсового лазерного облучения икроножных мышц животных импульсным инфракрасным и непрерывным красным излучением при комбинированном или раздельном режиме воздействия.

1.2 Материалы и методы

Проведено 5 серий опытов на 25 крысах-самцах в возрасте 3-4 месяцев. На обеих голених животного с дорзальной стороны сбривали шерстный покров, затем обе голени подвергались лазерному воздействию. В 1-й серии были исследованы тимусы у необлученных крыс (контроль). Во 2-й серии тимусы были исследованы через сутки после завершения 10-кратного облучения в течение двух недель (за исключением выходных) с ежедневным чередованием воздействия импульсного инфракрасного и непрерывного красного лазерного излучения (в течение 1-ой недели было дано 3 сеанса ИК облучения и 2 сеанса в красном диапазоне излучения; в течение 2-ой недели было дано 3 сеанса в красном диа-

пазоне излучения и 2 сеанса инфракрасного облучения (ИК) облучения). В 3-й серии тимусы были исследованы через месяц после завершения курсового лазерного облучения в таком же режиме воздействия, как и во 2-й серии. В 4-й серии в течение двух недель проведено 5-кратное облучение только ИК лазером (в течение 1-ой недели было дано 3 сеанса импульсного ИК лазерного облучения, в течение 2-ой недели – 2 сеанса). В 5-й серии в течение двух недель проведено 5-кратное облучение только He-Ne лазером, режим облучения и интервалы такие же, как в 4-й серии.

Условия локального воздействия импульсным инфракрасным лазером: аппарат «ОРИОН-5» (ВНПП «ЖИВА»), длина волны 890 нм, частота следования импульсов – 1500 Гц, выходная импульсная мощность лазера – 8 Вт. Режим облучения контактный лабильный. Длительность каждой процедуры равнялась 3 мин. Каждую голень крысы с дорзальной поверхности в области проекции большеберцовой и малоберцовой косточек облучали от проксимального конца к дистальному концу и обратно (в течение 3 мин по 180 контактов-полей). Площадь облучения и продолжительность облучения при каждом из 180 контактов излучателя с поверхностью голени составляли 0,4 см² в течение 1 сек. При этом доза облучения при каждом контакте равнялась 0,003 Дж/см².

Условия воздействия лазером, непрерывно излучающим в красном диапазоне: стационарная установка ОКГ-12 (Россия), длина волны 632,8 нм, режим облучения дистанционный стабильный. На выходе лазерный луч был расфокусирован с помощью линзы, диаметр поля облучения 2-2,5 см, плотность мощности составляла 2,5-3 мВт/см². Доза облучения каждой конечности животного в течение 3 минут – 0,45-0,54 Дж/см².

Анализ тимуса проведен гистологическим, цитологическим и цитогенетическим методами. Тимусы фиксировали в смеси Карнуа, парафиновые срезы толщиной 7-8 мкм окрашивали железным гематоксилином по Рего и Маллори. С каждого тимуса приготавливали по 36-48 гистологических срезов. Затем от каждого животного исследовали по 6 срезов, лежащих на разной глубине тимуса, примерно, на 6 уровнях.

Для цитологического анализа (оценки митотического индекса тимоцитов – МИ) в корковом слое тимусов у каждого животного на 6 уровнях подсчитывали количество митозов (профазы, метафазы, анафазы и телофазы) в 10 произвольно выбранных полях зрения (6000-7000 клеток) и выражали в ‰. Цитогенетический анализ клеток тимуса (количество митозов с хромосомными aberrациями, ХА) проведен с помощью ана-телофазного метода. В тимусе каждого животного на 6 уровнях подсчитывали 500-600 поздних анафаз и ранних телофаз. При определении клеток с хромосомными aberrациями (ХА) учитывали митозы с мостами и со значительно отстающими при расхождении к полюсам хромосомами («хвосты»), а также свободно лежащими

хромосомными фрагментами и смешанной патологией (мосты и фрагменты в одной клетке) и выражали в ‰ от общего количества просчитанных анафаз-телофаз (рис. 1). Цитогенетический анализ клеток тимуса (количество митозов с хромосомными aberrациями, ХА) проведен с помощью ана-телофазного метода. По наличию фрагментов и мостов в aberrантных митозах данный метод позволяет регистрировать делеции (утрата участков хромосом в момент их разрыва) и транслокации (перенос участка хромосомы на другую хромосому) [16]. Для оценки функционального состояния тимуса определяли также относительную массу органа (% от массы тела животного), что является показателем гомеостаза организма.

Анализ гистологических препаратов проводили с помощью микроскопа «Motic DMBA-310 с видеокамерой». Статистическую обработку полученных данных, а именно, значимость различий средних величин между группами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента. Исследования выполнены с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных». Крысы получали стандартный гранулированный комбикорм и воду в свободном доступе. Животных выводили из опыта передозировкой наркоза. Получено разрешение Комиссии по биоэтике на проведение экспериментальных исследований № 13 от 30 ноября 2017 г.

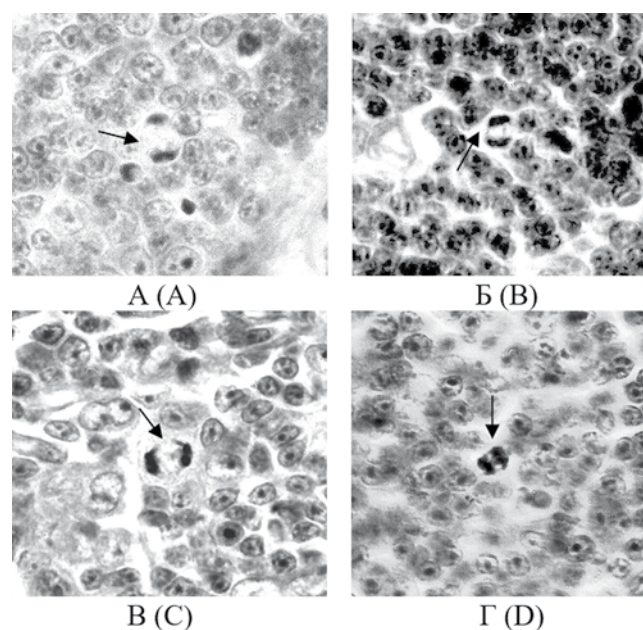


Рис. 1. Типы хромосомных aberrаций, встречающихся в клетках тимуса. А – нормальная анафаза. Б – анафаза с 2-мя мостами. В – анафаза с фрагментом и отстающей хромосомой. Г – анафаза с 3-мя мостами. Окраска гематоксилином по Рего. Ув.1000
Pic. 1. Types of chromosomal aberrations found in the thymus. А – normal anaphase. В – anaphase with 2 bridges. С – anaphase with fragment and laggard. D – anaphase with 3 bridges. Hematoxylin staining by Rego. x1000

1.3 Результаты и их обсуждение

Полученные данные показали, что интенсивное комбинированное лазерное облучение обеих голени крысы ИК и He-Ne лазерами оказывало влияние на структуру и функцию тимуса.

У контрольных крыс (1-я серия) масса тимуса составляла $0,07 \pm 0,00\%$. В тимусных дольках ширина коркового и мозгового слоев была, примерно, 50/50, лимфоидные клетки располагались плотно, между корковым и мозговым веществом отмечались четкие границы (рис. 2А). МИ тимоцитов равнялся $22,4 \pm 0,4\%$. Количество спонтанных хромосомных aberrаций (ХА) – $18,7 \pm 0,2\%$.

Через сутки после завершения курсового комбинированного воздействия лазерного излучения (2-я серия) наблюдалась тенденция к снижению массы тимуса. В большинстве долек ширина коркового слоя заметно уменьшалась по сравнению с мозговым слоем (рис. 2Б). Встречались места более рыхлого расположения лимфоцитов. В просветах кровеносных сосудов отмечались нейтрофилы и лимфоциты. МИ тимоцитов еще не отличался от контроля. При этом увеличивалось количество митозов с ХА (до $29,4 \pm 2,0\%$, $p < 0,01$).

Через месяц после завершения курсового комбинированного воздействия лазерного излучения на обе голени крыс (3-я серия) функциональное состояние тимуса постепенно восстанавливалось. Отмечалась тенденция к увеличению массы тимуса. Гистологическая структура тимуса существенно не отличалась от структуры тимуса контрольных крыс. Количество ХА снижалось по сравнению с соответствующим показателем во 2-й серии ($18,7 \pm 1,6$, $p < 0,01$) и уже не отличалось от контроля. При этом МИ тимоцитов был ниже, чем в контроле ($p < 0,1$). Возможно, это объясняется тем, что в период лазеротерапии (на протяжении 10 суток) МИ поддерживался на уровне контроля, а после завершения интенсивного комбинированного лазерного облучения происходит некоторое снижение митотической активности и замед-

ление вступления клеток тимуса в митотический цикл, по крайней мере, в течение последующего месяца.

Данные 2-й и 3-й серий опытов получены в условиях комбинированного воздействия лазерного излучения на обе голени крыс. Выбранный алгоритм интенсивного комбинированного лазерного облучения (ежедневное чередование сеансов импульсного инфракрасного и непрерывного красного излучения в течение двух недель, импульсный или непрерывный режим излучения, разная длина волны, различная глубина проникновения в биологические ткани, облучение сравнительно больших участков поверхности кожи) оказывал различный системный эффект на состояние тимуса. Через сутки уже отмечалось значимое усиление цитогенетического эффекта. Данные 3-й серии показывают, что в течение последующего месяца после комбинированного облучения функциональное состояние тимуса постепенно восстанавливается. Тимоциты с цитогенетическими нарушениями в дальнейшем, по-видимому, нивелируются. Наши предположения подтверждаются данными литературы. Известно, что соматические клетки с хромосомными aberrациями, возникающими в результате мутагенного воздействия в постнатальном периоде, подвергаются эффективному отбору и элиминации [17, 18]. Со временем количество тимоцитов восстанавливается за счет деления неповрежденных клеток.

Однако отмеченный в данной работе системный эффект в условиях интенсивной комбинированной лазеротерапии скелетных мышц импульсным инфракрасным и непрерывным красным лазерным излучением может временно снижать функциональную активность тимуса, вызывать аплазию органа и угнетать иммунную систему, в том числе и сопротивляемость организма к воздействию неблагоприятных внешних факторов. Цитогенетический эффект лазерного облучения скелетных мышц голени у крыс может усиливаться в клетках тимуса при последующей физической нагрузке, например, после плавания [19].

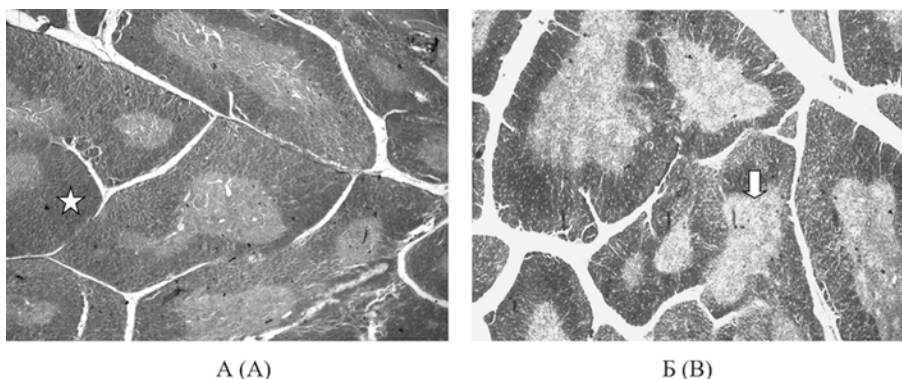


Рис. 2. Гистологическая структура тимуса. А. Тимус контрольных крыс. В дольках тимуса больше коркового вещества (темно-окрашенное, звездочка). Б. Тимус крыс после комбинированной лазеротерапии скелетных мышц. В дольках тимуса больше мозгового вещества (светло-окрашенное, стрелка). Окраска гематоксилином по Pero. Ув. x40

Pic. 2. Histological structure of rat thymus. A. Thymus of control rats. Cortical substance prevails in the thymus lobules (dark-colored, asterisk). B. Thymus of rats after combined skeletal muscle laser therapy. Thymus lobules have more medulla substance (light-colored, arrow). Hematoxylin staining by Rego. x40

Для оценки системного влияния каждого из двух видов лазерного облучения обеих голени животного на состояние тимуса были исследованы изменения массы тимуса, цитологический и цитогенетический эффект в условиях воздействия только одного вида облучения в том же режиме, что и в условиях комбинированного. В 4-й серии через сутки после завершения курсового воздействия импульсного инфракрасного лазерного излучения на обе голени крыс масса тимуса и МИ тимоцитов не отличались значимо от соответствующих показателей у животных 2-й, 3-й и контрольной серий. В структуре тимуса отмечались четкие границы между корковым и мозговым слоями, в корковом веществе иногда наблюдались небольшие участки с аплазией органа, но в целом, лимфоидные клетки располагались сравнительно плотно. При этом частота встречаемости митозов с ХА была ниже, чем в этот же срок наблюдения после комбинированного воздействия двух видов лазерного излучения (сравнить $29,4 \pm 2,0\%$ и $19,6 \pm 0,5\%$, $p < 0,01$) и приближалась к контролю.

Через сутки после курсового воздействия только непрерывного красного лазерного излучения на обе голени

крыс (5-я серия) положительный эффект системного влияния лазеротерапии скелетных мышц на тимус был более выражен. Увеличивалась масса тимуса ($0,14 \pm 0,01\%$, $p < 0,01$). Гистологическая структура тимуса практически не отличалась от контроля. Границы между корковым и мозговым веществом четкие, лимфоидные клетки в корковом слое тимуса располагались сравнительно плотно. Пролиферативная активность тимоцитов (МИ) находилась на уровне контроля. При этом частота встречаемости митозов с ХА снижалась ($14,0 \pm 0,9\%$, $p < 0,01$) по сравнению с комбинированным воздействием обоих видов лазерного излучения, а также с контролем.

Достоверно низкая частота встречаемости клеток с ХА по сравнению с контролем позволяет предположить, что излучение He-Ne-лазера в данной дозе и режиме облучения скелетных мышц улучшало исходное состояние тимуса и способствовало снижению количества клеток со спонтанными абберациями.

Полученные результаты говорят о том, что в данных экспериментальных условиях лазеротерапии скелетных мышц крыс угнетающий эффект системного влияния на состояние тимуса наблюдался только при комбини-

Таблица

Функциональное состояние тимуса после курсового воздействия импульсного инфракрасного и непрерывного красного лазерного излучения на обе голени крысы в различных режимах

Table

The functional state of the thymus after the course of pulsed infrared and continuous red laser radiation on both tibiae of the rat in various regimes

Исследуемые параметры/ investigated options	1-я серия: контроль/ 1 st series: control (n=5)	2-я серия: через сутки после ИК+He-Ne лазерного облучения/ 2 nd series: one day after IK+He-Ne laser irradiation (n=5)	3-я серия: через месяц после ИК+He-Ne лазерного облучения/ 3 rd series: one month after IK+He-Ne laser irradiation (n=5)	4-я серия: через сутки после ИК лазерного облучения/ 4 th series: one day after IK laser irradiation (n=5)	5-я серия: через сутки после He-Ne лазерного облучения/ 5 th series: one day after He-Ne laser irradiation (n=5)
Масса тимуса/ thymus weight, %	0.07 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.004	0.14 ± 0.01 * $p < 0.01$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.01$
Митотический индекс (МИ) тимоцитов/ mitotic index (MI) of thy-mocytes, %	22.4 ± 0.4	21.9 ± 0.5	19.6 ± 1.5 * $p < 0.1$	22.4 ± 1.1	22.8 ± 1.0
ХА в тимocyтах/ chromosomal aberrations (CA) in thymocytes, %	18.7 ± 0.2	29.4 ± 2.0 * $p < 0.01$	18.7 ± 1.6 ** $p < 0.01$	19.6 ± 0.5 ** $p < 0.01$	14.0 ± 0.3 * $p < 0.01$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.01$

Примечание: * – достоверные различия по сравнению с контролем

* – significant differences compared to control

** – достоверные различия по сравнению со 2-й серией

** – significant differences compared with the 2nd series

*** – достоверные различия по сравнению с 4-й серией

*** – significant differences compared to the 4th series

n – количество животных/number of animals

рованном воздействии импульсного инфракрасного и непрерывного красного лазерного излучения. При лазеротерапии скелетных мышц в условиях интенсивного комбинированного воздействия обеих голени крыс, по-видимому, происходит превышение терапевтического коридора лазеротерапии и возникновение цитогенетических нарушений в геноме клеток тимуса как побочный эффект системного влияния лазеротерапии.

Сравнительный анализ результатов лазеротерапии скелетных мышц каждым из примененных видов лазерного излучения (4-я и 5-я серии) показал, что при той же площади облучения обеих голени, но более щадящем режиме (меньшее число 3-минутных экспозиций, более продолжительные интервалы 1-2 суток), усиление цитогенетического эффекта не наблюдалось. Более того, после воздействия непрерывного красного лазерного излучения на скелетные мышцы был отмечен даже оздоравливающий эффект на состояние тимуса и достоверное уменьшение количества спонтанных аберраций в тимусе.

Опосредованное системное действие лазерного излучения низких интенсивностей при воздействии на периферические органы и ткани происходит через кровь [20]. При облучении участков кожного покрова повышается уровень цитокинов в кровеносном русле, происходит активация иммунокомпетентных клеток кожи [9, 21]. При передозировке лазерного излучения могут возникать локальные повреждения структурно-функциональных единиц в системе микроциркуляции [22]. Кроме того, при облучении скелетных мышц задних конечностей крысы лазерному облучению подвергается костный мозг, состояние которого может влиять на состояние тимуса.

Список литературы

1. Павлов С.Е., Разумов А.Н., Павлов А.С. Лазерная стимуляция в медико-биологическом обеспечении подготовки квалифицированных спортсменов. М.: Спорт, 2017. 216 с.
2. Oliveira HA, Antonio EL, Silva FA, de Tarso P, de Carvalho C, Feliciano R, Yoshizaki A, de Souza Vieira S, de Melo BL, Pinto Leal-Junior EC, Labat R, Bocalini DS, Silva Junior JA, José P, Tucci F, Serra AJ. Protective effects of photobiomodulation against resistance exercise-induced muscle damage and inflammation in rats // Journal of Sports Sciences. 2018. Vol.36, №11. P. 1-9. DOI: 10.1080/02640414.2018.1457419.
3. Pinto Leal-Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, Tmazoni SS, Silva DP, Basso M, Filho PL, de Valls Corsetti F, Iversen VV, Bjordal JM. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post-exercise recovery // J Orthop. Sports Phys. Ther. 2010. Vol.40, №8. P. 524-32. DOI: 10.2519/jospt.2010.3294.
4. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, Matheucci Júnior E, Parizotto NA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans // Lasers Med. Sci. 2011. Vol.26, №3. P. 349-58. DOI: 10.1007/s10103-010-0855-0.

Как известно, предшественники клеток тимуса находятся в костном мозге. Проникая в тимус, предшественники Т-лимфоцитов пролиферируют и подвергаются дифференцировке. Ранее мы показали довольно высокое количество клеток костного мозга с ХА через сутки после комбинированного воздействия импульсным инфракрасным и непрерывным красным лазерным излучением на обе голени крыс в таком же режиме, как в данном экспериментальном исследовании [23].

1.4 Выводы

В условиях интенсивного комбинированного воздействия импульсного инфракрасного и непрерывного красного лазерного излучения на скелетные мышцы обеих голени животного возможно превышение терапевтического коридора лазеротерапии и возникновение цитогенетических нарушений в геноме клеток тимуса как побочный эффект системного влияния лазеротерапии мышц. После завершения комбинированного облучения мышц голени происходит постепенное восстановление функции тимуса. Применение только одного из двух видов лазерного излучения способствует улучшению состояния тимуса и снижению количества митозов со спонтанными хромосомными аберрациями.

При разработке стратегии лазеротерапии скелетных мышц у спортсменов с помощью комбинированного воздействия импульсного инфракрасного и непрерывного красного лазерного излучения необходимо, очевидно, принимать во внимание возможность цитогенетических повреждений в клетках тимуса как побочный эффект системного влияния лазеротерапии мышц при передозировке.

References

1. Pavlov SE, Razumov AN, Pavlov AS. Laser stimulation in biomedical providing of training of qualified athletes. Moscow, Sport, 2017. 216 p. Russian.
2. Oliveira HA, Antonio EL, Silva FA, de Tarso P, de Carvalho C, Feliciano R, Yoshizaki A, de Souza Vieira S, de Melo BL, Pinto Leal-Junior EC, Labat R, Bocalini DS, Silva Junior JA, José P, Tucci F, Serra AJ. Protective effects of photobiomodulation against resistance exercise-induced muscle damage and inflammation in rats. Journal of Sports Sciences. 2018;36(11):1-9. DOI: 10.1080/02640414.2018.1457419.
3. Pinto Leal-Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, Tmazoni SS, Silva DP, Basso M, Filho PL, de Valls Corsetti F, Iversen VV, Bjordal JM. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post-exercise recovery. J Orthop. Sports Phys. Ther. 2010;40(8):524-32. DOI: 10.2519/jospt.2010.3294.
4. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, Matheucci Júnior E, Parizotto NA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. Lasers Med. Sci. 2011;26(3): 349-58. DOI: 10.1007/s10103-010-0855-0.

5. **Albuquerque-Pontes GM, Vieira RP, Tomazoni SS, Cai-res CO, Nemeth V, Vanin AA, Santos LA, Pinto HD, Marcos RL, Bjordal JM, de Carvalho Pde T, Leal-Junior EC.** Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats // *Lasers Med. Sci.* 2015. Vol.30, №1. P. 59-66. DOI: 10.1007/s10103-014-1616-2.
6. **Almeida P, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Correa JC, Rossi RP, Machado GP, da Silva DP, Bjordal JM, Leal Junior EC.** Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? // *Lasers Med Sci.* 2012. Vol.27, №2. P. 453-8. DOI: 10.1007/s10103-011-0957-3.
7. **Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR.** Biphasic dose response in low level light therapy // *Dose Response.* 2009. Vol.7, №4. P. 358-83. DOI: 10.2203/dose-response.09-027.
8. **Астахов В.В., Козлов В.И., Бородин Ю.И., Анцырева Ю.А., Зайко О.А.** Структура тимуса при воздействии чрезкожного лазерного облучения крови с различной длиной волны // *Морфология.* 2017. Т.151, №3. С. 22-7.
9. **Бугаева И.О.** Влияние низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на органы иммунной системы: Дисс. докт. мед. наук. Саратовский государственный мед ун-т. Саратов, 2006. 285 с.
10. **Silva Sergio LP, da Silva Marciano R, Castanheira Polignano GA, Guimaraes OR, Geller M, de Paoli F, Adenilson de Souza da Fonseca.** Evaluation of DNA damage induced by therapeutic low-level red laser // *J Clin Exp Dermatol.* 2013. Vol.4, №1. DOI: 10.4172/2155-9554.1000166.
11. **Rodrigues NC, Brunelli R, Selistre-de-Aranjo HS, Renno ACM.** Low-level laser therapy (LLLT) (660nm) alters gene expression during muscle healing in rats // *J. photochemistry and photobiology. B, Biology.* 2013. №120. P. 29-35. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2013.01.002.
12. **Будаговский А.** Обладает ли низкоинтенсивное лазерное излучение мутагенным действием? // *Фотоника.* 2013. Т.38, №2. С. 114-27.
13. **MacKinnon LT.** Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: overtraining effects on immunity and performance in athletes // *Immunol Cell Biol.* 2000. Vol.78, №5. P. 502-9. DOI: 10.1111/j.1440-1711.2000.t01-7-x.
14. **Гаврилова Е.К.** Стрессорный иммунодефицит у спортсменов. М.: Советский спорт, 2009. 192 с.
15. **Стернин Ю.И., Сизякина Л.П.** Особенности состояния иммунной системы при высокой физической активности и применение системной энзимотерапии // *Медицинский Академический журнал.* 2014. Т.14, №1. С. 87-92.
16. **Прохорова И.М., Фомичева П.Н., Ковалева М.И.** Генетика человека. Ч.2. Генетическая токсикология: методические указания. Ярославль: Ярославский ГУ, 2007. 64 с.
17. **Кузин С.М.** Критерии и факторы отбора мутагенных клеток с цитогенетическими нарушениями в обновляющихся тканях организма // *Медицинская генетика.* 2005. Т.4, №5. С. 213.
18. **Петров В.М., Бартенева С.С., Нугис В.Ю.** Динамика частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови человека после острого облучения // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2009. Т.49, №4. С. 412-8.
19. **Булякова Н.В., Азарова В.С.** Состояние тимуса и костного мозга у крыс после лазерного облучения скелетных мышц и физической нагрузки на облученных животных // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* 2016. Т.15, №1. С. 37-42. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-1.
5. **Albuquerque-Pontes GM, Vieira RP, Tomazoni SS, Cai-res CO, Nemeth V, Vanin AA, Santos LA, Pinto HD, Marcos RL, Bjordal JM, de Carvalho Pde T, Leal-Junior EC.** Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. *Lasers Med. Sci.* 2015;30(1):59-66. DOI: 10.1007/s10103-014-1616-2.
6. **Almeida P, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Correa JC, Rossi RP, Machado GP, da Silva DP, Bjordal JM, Leal Junior EC.** Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):453-8. DOI: 10.1007/s10103-011-0957-3.
7. **Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR.** Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response.* 2009;7(4):358-83. DOI: 10.2203/dose-response.09-027.
8. **Astashov VV, Kozlov VI, Borodin YuI, Antsyreva YA, Zayko OA.** Thymus structure after percutaneous exposure of blood to laser irradiation of different wave length. *Morfologiya.* 2017;151(3):22-7. Russian.
9. **Bugayeva IO.** Influence of low-intensity infrared laser radiation on the organs of the immune system. *Dissertatsiya doktora meditsinskih nauk. Saratovskiy Gosudarstvennyy Meditsinskiy Universitet. Saratov,* 2006. 285 p. Russian.
10. **Silva Sergio LP, da Silva Marciano R, Castanheira Polignano GA, Guimaraes OR, Geller M, de Paoli F, Adenilson de Souza da Fonseca.** Evaluation of DNA damage induced by therapeutic low-level red laser. *J Clin Exp Dermatol.* 2013;4(1). DOI: 10.4172/2155-9554.1000166.
11. **Rodrigues NC, Brunelli R, Selistre-de-Aranjo HS, Renno ACM.** Low-level laser therapy (LLLT) (660nm) alters gene expression during muscle healing in rats. *J. photochemistry and photobiology. B, Biology.* 2013;120:29-35. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2013.01.002.
12. **Budagovsky A.** Does low-intensity laser radiation have a mutagenic effect? *Fotonika.* 2013;38(2):114-27. Russian.
13. **MacKinnon LT.** Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol Cell Biol.* 2000;78(5):502-9. DOI: 10.1111/j.1440-1711.2000.t01-7-x.
14. **Gavrilova EK.** Stressing immunodeficiency in athletes. *Moscow, Sovetsky Sport,* 2009. 192 p. Russian.
15. **Sternin YuI, Sizyakina LP.** Features of the state of the immune system under high physical activity and application of systemic enzyme therapy. *Meditsinskiy Akademicheskiy zhurnal.* 2014;14(1):87-92. Russian.
16. **Prokhorova IM, Fomicheva PN, Kovaleva MI.** Human genetics. Pt. 2. Genetic toxicology: guidelines. *Yaroslavl, Yaroslavskiy Gosudarstvennyy Universitet,* 2007. 64 p. Russian.
17. **Kuzin SM.** Criteria and factors for the selection of mutagenic cells with cytogenetic disorders in the renewing tissues of the body. *Meditsinskaya genetika.* 2005;4(5):213. Russian.
18. **Petrov VM, Barteneva SS, Nugis VYu.** Dynamics of the frequency of chromosomal aberrations in human peripheral blood lymphocytes after acute irradiation. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya.* 2009;49(4):412-8. Russian.
19. **Bulyakova NV, Azarova VS.** The state of the thymus and bone marrow in rats after laser irradiation of skeletal muscles and physical activity in irradiated animals. *Fizioterapiya, balneologiya i reabilitatsiya.* 2016;15(1):37-42. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-1. Russian.

20. Москвин С.В., Кончугова Т.В., Хадарцев А.А. Основные терапевтические методики лазерного освечения крови // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2017. Т.94, №5. С. 10-7. DOI: 10.17116/kurort201794510-17.

21. Жеваго Н.А., Самойлова К.А., Оболенская К.Д., Соколов Д.И. Изменение содержания цитокинов в периферической крови добровольцев после облучения полихроматическим видимым и инфракрасным светом // Цитология. 2005. Т.47, №5. С. 446-59.

22. Козлов В.И. Морфофункциональная характеристика расстройств микроциркуляции и их коррекция при лазеротерапии // Морфологические основы низкоинтенсивной лазеротерапии. Ташкент: Изд-во им. Ибн Сины, 1991. С. 63-100.

23. Булякова Н.В., Азарова В.С. Цитогенетические нарушения в клетках костного мозга как возможный побочный эффект лазеротерапии (экспериментальное исследование) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. Т.58, №1. С. 45-52. DOI: 10.7868/50869803118010058.

20. Moskvina SV, Konchugova TV, Khadartsev AA. The commonest therapeutic methods for laser irradiation of blood. Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury. 2017;94(5): 10-7. DOI: 10.17116/kurort201794510-17. Russian.

21. Zhevago NA, Samoylova KA, Obolensky KD, Sokolov DI. Change in the content of cytokines in the peripheral blood of volunteers after irradiation with polychromatic visible and infrared light. Tsitology. 2005;47(5):446-59. Russian.

22. Kozlov VI. Morphofunctional characteristics of microcirculation disorders and their correction in laser therapy. Morfologicheskiye osnovy nizkointensivnoy lazeroterapii. Tashkent, Izdatelstvo im. Ibn Siny, 1991. P. 63-100. Russian.

23. Bulyakova NV, Azarova VS. Cytogenetic disorders in bone marrow cells as a possible side effect of laser therapy (experimental study). Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. 2018;58(1):45-52. DOI: 10.7868/50869803118010058. Russian.

Информация об авторах:

Булякова Нелли Васильевна, старший научный сотрудник лаборатории экологии и функциональной морфологии высших позвоночных ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-1851-327X (+7 (905) 500-91-04, bulyakova38@mail.ru)

Азарова Валентина Сергеевна, ведущий инженер лаборатории экологии и функциональной морфологии высших позвоночных ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. ORCID ID: 0000-0001-6490-0890

Information about the authors:

Nelly V. Bulyakova, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory for Ecology and Functional Morphology of the Higher Vertebrates of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution. ORCID ID: 0000-0003-1851-327X (+7 (905) 500-91-04, bulyakova38@mail.ru)

Valentina S. Azarova, Leading Engineer of the Laboratory for Ecology and Functional Morphology of the Higher Vertebrates of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution. ORCID ID: 0000-0001-6490-0890

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 28.01.2019

Принята к публикации: 14.02.2019

Received: 28 January 2019

Accepted: 14 February 2019

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



Тесты с дозируемой физической нагрузкой в спортивной медицине

Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Медведев И.Б.

В книге даются рекомендации по проведению тестов с дозированной субмаксимальной и максимальной физической нагрузкой на велоэргометрах, движущейся дорожке, гребном эргометре и при выполнении степ-теста для спортсменов разных видов спорта и разного уровня спортивного мастерства, а также занимающихся оздоровительной физической культурой. Приводятся примеры расчета и оценки определяемых функциональных показателей и даются практические рекомендации по проведению заключительной оценки результатов выполненного теста.

Книга рассчитана на спортивных врачей, тренеров и спортсменов для получения информации об особенностях адаптации организма к дозированным физическим нагрузкам и лучшего понимания результатов проведенного обследования.

Книгу можно заказать на сайте издательства «Спорт»: <http://www.olimppress.ru/>

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.73

УДК: 615.825

Реабилитационная методика применения лечебной гимнастики и пелоидотерапии в восстановлении пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе

А.В. Михалева^{1,2}, А.Г. Куликов¹, И.Н. Макарова¹, А.В. Докторов², Е.Е. Пахомова³

¹ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования, Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

²ФКУЗ Главный клинический госпиталь, Министерство внутренних дел РФ, г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: повышение эффективности ранней послеоперационной реабилитации пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе путем комбинированного применения упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц (ДКНМ) и тонкослойной пелоидотерапии. **Материалы и методы:** проведено обследование и лечение 98 пациентов, оперированных по поводу повреждения вращательной манжеты плеча, разделенных на 3 группы, сопоставимые по возрасту, полу и основным клиническим проявлениям. Все пациенты получали базисную терапию, включающую ортопедический режим в виде иммобилизации верхней конечности и лечебную гимнастику по общепринятой методике. Пациентам I и II групп дополнительно к базисному лечению проводили курс упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц (ДКНМ) в иммобилизационном и постиммобилизационном периоде. Пациентам II группы в постиммобилизационном периоде также выполняли грязевые аппликации. **Результаты:** по результатам гониометрии у пациентов I и II групп объем движения в плечевом суставе после прекращения иммобилизации был больше, чем у пациентов III группы. Анализ показателей боли при движении в плечевом суставе по шкале ВАШ через месяц после иммобилизации выявил, существенно лучшие результаты во II группе, по сравнению с другими группами. **Выводы:** включение упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц в сочетании с тонкослойной пелоидотерапией в лечебный комплекс оказывает более значимое воздействие на основные клинические симптомы заболевания, процессы регенерации, а также способствует более раннему восстановлению нарушенных функций плечевого сустава.

Ключевые слова: плечевой сустав, повреждение ротаторной манжеты; реабилитация; лечебная гимнастика; пелоидотерапия

Для цитирования: Михалева А.В., Куликов А.Г., Макарова И.Н., Докторов А.В., Пахомова Е.Е. Реабилитационная методика применения лечебной гимнастики и пелоидотерапии в восстановлении пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 73-79. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.73.

Therapeutic gymnastics and pelotherapy in physical rehabilitation of patients after arthroscopic surgery on the shoulder joint

Alina V. Mikhaleva^{1,2}, Alexander G. Kulikov¹, Irina N. Makarova¹, Alexey V. Doktorov², Ekaterina E. Pakhomova³

¹Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russia

²Main Hospital of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, Russia

³Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow Russia

ABSTRACT

Objective: to improve the effectiveness of early postoperative rehabilitation of patients after arthroscopic surgery on the shoulder joint by the combined use of exercises with dynamic controlled muscle tension (DCMT) and thin-layer peloidotherapy. **Materials and methods:** 98 patients operated on for rotator cuff syndrome, were divided into 3 groups, comparable in age, sex and the main clinical manifestations. All patients received basic therapy, including orthopedic mode in the form of immobilization of the upper limb and curative gymnastics according to the standard method. Patients of the I and II group in addition to basic treatment were given an exercise course with dynamic controlled muscle tension during the immobilization and postimmobilization period. Patients of the II main group in the postimmobilization period received pelotherapy. **Results:** according to the results of goniometry in patients of I and II groups had the greater volume of movement in the shoulder joint after immobilization was stopped in comparison with patients of group III (control). Analysis of pain indicators while the shoulder joint moving on the scale of pain a month after immobilization revealed a significant advantage of the results of the II main group. **Conclusions:** it was shown that the inclusion of exercises with dynamic controlled muscle tension in the therapeutic complex had a more significant effect on the main clinical symptoms of the disease, the regeneration processes, and also contributed to an earlier restoration of impaired functions of the shoulder joint.

Key words: shoulder joint, rotator cuff syndrome, rehabilitation, physical therapy, pelotherapy

For citation: Mikhaleva AV, Kulikov AG, Makarova IN, Doktorov AV, Pakhomova EE. Therapeutic gymnastics and pelotherapy in physical rehabilitation of patients after arthroscopic surgery on the shoulder joint. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):73-79. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.73.

1.1 Введение

Повреждение вращательной (ротаторной) манжеты плечевого сустава (ВМП), как вследствие острой травмы, так и хронического повреждения достаточно часто встречается в практике травматологов-ортопедов и характеризуется наличием локальных воспалений в сухожилиях группы мышц, участвующих в движении плечевого сустава [1].

В основе данной патологии лежит надрыв (разрыв) сухожилия мышц, формирующих ВМП [2]. Согласно статистике ВОЗ, частота повреждения вращательной манжеты составляет от 16% до 55% всех повреждений мягких структур крупных суставов [3]. При этом острые травматические поражения сухожилий в области плечевого сустава происходят редко, по некоторым данным, они встречаются в 5-12% случаев всех травм плечевого сустава [4]. Хроническая травматизация сухожилий мышц-вращателей плеча, вследствие анатомо-функциональных особенностей строения сустава или его нестабильности, часто приводит к развитию стойкого болевого синдрома и резким нарушениям функции [5].

Частичные разрывы ВМП обычно лечатся консервативно, при этом результаты, как правило, благоприятны. При безуспешности консервативного лечения в течение 3 месяцев или полном разрыве ВМП показано хирургическое лечение – сшивание сухожильных концов [6]. В случае малого разрыва ВМП (1,0-3,0 см) операции выполняют артроскопическим методом.

После оперативного вмешательства на плечевом суставе и его иммобилизации в течение 3-5 недель, наряду с ограничением движений (тугоподвижностью) развиваются дегенеративно-дистрофические изменения хряща и мышечный гипотонус, а позже – гипотрофия мышц относящихся к плечевому суставу. Кроме того, боль и ограничение движений существенно снижает качество жизни этих больных. В связи с вышеуказанным, проблема ранней и эффективной послеоперационной реабилитации продолжает оставаться актуальной [7]. В научной литературе широко обсуждается вопрос о восстановительном лечении пациентов после данного вида оперативных вмешательств с целью нормализации наружной ротации плечевого сустава [8].

Несмотря на значительные успехи в артроскопической хирургии плеча и последующей реабилитации пациентов, сроки восстановления полного объема движений в плечевом суставе остаются достаточно значительными. В настоящее время продолжается разработка новых подходов к формированию лечебно-реабилитационных комплексов для максимально раннего восстановления нарушенной функции плечевого сустава. Известно применение различных с этой целью методик лечебной гимнастики [9-12], однако практически отсутствуют сведения о возможностях выполнения упражнений с динамическим контролируемым мышечным напряжением, тогда как данный подход является, по видимому, более клинически обоснованным. Из совре-

менных технологий физио- и бальнеотерапии, одной из перспективных и показавших высокую клиническую эффективность является применение грязелечения по щадящим методикам воздействия (тонкослойная грязевая аппликация, электрофорез грязевого раствора и др.).

Цель исследования – повышение эффективности ранней послеоперационной реабилитации пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе путем комбинированного применения упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц (ДКНМ) и тонкослойной пелоидотерапии.

1.2 Материалы и методы

Проведено проспективное рандомизированное исследование, включающее обследование и лечение 98 пациентов (68 мужчин и 30 женщин), оперированных по поводу разрыва ВМП, в течение года после получения травмы, артроскопическим методом путем наложения шва вращательной манжеты. Возраст больных составлял 25-62 года (средний возраст $44,6 \pm 2,3$ года). Методом случайной выборки все пациенты разделены на три группы, сопоставимые по возрасту, полу и объёму хирургического вмешательства: I группа – 34, II группа – 32, III группа – 32 пациента. Больным всех групп проводили базисную программу реабилитации в виде иммобилизации верхней конечности и выполнение лечебной гимнастики по Е.Ф. Древинг и В.В. Гориневской ежедневно 1-2 раза в сутки. Пациенты I и II групп в иммобилизационном (3-5 недель) и постиммобилизационном периоде (4 недели) дополнительно получали курс лечебной гимнастики с динамическим контролируемым напряжением мышц (ДКНМ). Это серия динамических упражнений с изометрическим напряжением мышц, т.е. с максимальным напряжением мышцы при отсутствии реального сопротивления, которые выполнялись также 1-2 раза в сутки. Кроме того, пациентам II группы в постиммобилизационном периоде проводили курс тонкослойной пелоидотерапии в виде локальной аппликации.

Пациентов наблюдали сразу после операции, непосредственно и через 1 месяц после отмены иммобилизации (через 3-5 недель и 7-9 недель после операции, соответственно).

Пациенты I и II групп со вторых суток начинали выполнение упражнений с ДКНМ. Все движения осуществлялись оперированной рукой единым блоком в последовательности от сгибания-разгибания пальцев кисти, переходя к сгибанию-разгибанию лучезапястного сустава с одновременным движением пальцев, пронации и супинации предплечья до сгибания-разгибания локтевого сустава в сочетании с супинацией при сгибании и с пронацией при разгибании. Далее в обратном направлении от локтевого сустава к пальцам кисти. Упражнения выполняли по 5-7 раз каждое, плавно переходя от одного движения к другому, без пауз для отдыха и расслабления мышц, со стабилизацией в конце каждого движения. В течение суток серию упражнений повторяли от 1 до 2 раз, на протяжении всего периода иммобилизации.

После отмены иммобилизации, через 3-5 недель, лечебная гимнастика с обязательным включением упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц (ДКНМ) в I и II группах продолжалась и включала все те же специальные упражнения, выполняемые единым блоком в последовательности от пальцев кисти, переходя к лучезапястному, локтевому суставу, но уже с добавлением сгибания-разгибания в плечевом суставе, согнутой в локтевом суставе руки, приведение-отведение в плечевом суставе согнутой в локтевом суставе руки. Далее выполнялась внутренняя и наружная ротация в плечевом суставе согнутой руки в сочетании с пронацией предплечья при внутренней ротации и супинацией при наружной ротации. Последующее движение осуществлялось в обратном порядке также с максимальным напряжением мышц. Упражнения пациенты выполняли на протяжении 4 недель, 2-4 раза в сутки.

В III контрольной группе пациенты продолжали выполнять гимнастику по Е.Ф. Древинг и В.В. Гориневской, без упражнений с ДКНМ, ежедневно 2-4 раза в сутки на протяжении 4 недель.

В постиммобилизационном периоде пациентам II группы после выполнения гимнастики на область оперированного сустава наносили тонкослойную грязевую аппликацию, укрывая зону воздействия пленкой с укутыванием этой области теплосохранивающей плотной тканью. Аппликации тонкослойной пелоидотерапии проводили 1 раз в день, в течение 15-20 минут, курсом из 10 процедур.

У всех пациентов оценивали объем движения в плечевом суставе по амплитуде флексии и абдукции при помощи угломера. Оценивали уровень боли при движении в оперированном суставе по 10 бальной визуальной аналоговой шкале (ВАШ).

1.3 Результаты и их обсуждение

Обследование пациентов I, II и III групп, выполненное сразу после окончания этапа иммобилизации, позволило установить следующее.

Значения показателей гониометрии у пациентов непосредственно после иммобилизации представлены в таблице 1.

В первую очередь, следует отметить статистически значимое увеличение объема движений в плечевом суставе в течение периода наблюдения ($p<0,001$). Улучшение показателей отмечалось среди всех пациентов без исключения.

При сравнении показателей объема движений в плечевом суставе между исследуемыми группами были получены статистически значимые различия ($p<0,001$). Найденные различия были обусловлены существенно более высокими показателями в I и II группах по сравнению с III группой ($p<0,001$). Между I и II группами различий в показателях не было.

Далее был проведен анализ динамики оценки болевого синдрома при сгибании и отведении в плечевом суставе по шкале ВАШ. Результаты, полученные на этапе прекращения иммобилизации сустава, представлены в таблице 2.

Отмечались статистически значимые различия распределения пациентов сравниваемых групп по оценкам боли по ВАШ ($p<0,001$). Так, если среди пациентов, получавших упражнения с ДКНМ, случаи оценок боли ≥ 5 баллов были единичными (5,9% в I группе и 3,1% во II группе), то в III группе такие оценки отмечали в 78,1% случаев.

При сравнении распределения I и II групп по оценкам боли статистически значимые различия выявлены не были ($p=0,852$). В структуре обеих групп наибольшую долю составляли пациенты, оценивающие боль в 3 балла по ВАШ (47,1 и 43,8%, соответственно), на втором месте находились оценки в 4 балла (32,4 и 31,2%, соответственно).

Через месяц после отмены иммобилизации у пациентов I и II групп значительно увеличилась амплитуда движений в оперированном плечевом суставе, отмечено достоверное снижение величины показателя боли по шкале ВАШ. Полученные результаты существенно превышали данные в III группе пациентов в аналогичный срок.

Значения показателей гониометрии и уровня боли при сгибании и отведении к концу курса реабилитации (через 7-9 недель после операции) указаны в таблицах 3 и 4.

При сравнении показателей объема движений в плечевом суставе между исследуемыми группами были получены статистически значимые различия ($p<0,001$). Найденные различия были обусловлены существенно

Таблица 1

Показатели гониометрии к концу иммобилизации

Table 1

Goniometry scores after immobilization

Показатели/Indicators	I группа/I group (n=34)		II группа/II group (n=32)		III группа/III group (n=32)		p
	Me	Q1-Q3	Me	Q1-Q3	Me	Q1-Q3	
Угол сгибания в плечевом суставе, градусов/ Angle of flexion in the shoulder joint, degrees	70	60-80	70	60-90	30	30-42,5	<0,001*
Угол отведения в плечевом суставе, градусов/ Angle of abduction in the shoulder joint, degrees	50	50-60	50	50-60	20	20-35	<0,001*

* - различия показателей статистически значимы ($p<0,001$)

* - differences in performance are statistically significant ($p<0,001$)

Таблица 2

Показатели боли при сгибании и отведении в плечевом суставе после иммобилизации

Table 2

Indicators of pain during flexion and abduction in the shoulder joint after immobilization

Оценки боли по ВАШ, баллов/ Evaluation of pain by VAS, points	I группа/I group (n=34)		II группа/II group (n=32)		III группа/III group (n=32)		P
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	
2	5	14,7	7	21,9	3	9,4	<0,001*
3	16	47,1	14	43,8	1	3,1	
4	11	32,4	10	31,2	3	9,4	
≥5	2	5,9	1	3,1	25	78,1	

* - различия показателей статистически значимы (p<0,001)

* - differences in performance are statistically significant (p<0,001)

Таблица 3

Показатели гониометрии через месяц после иммобилизации

Table 3

Goniometry scores one month after immobilization

Показатель/Indicator	I группа/I group (n=34)		II группа/II group (n=32)		III группа/III group (n=32)		P
	Me	Q1-Q3	Me	Q1-Q3	Me	Q1-Q3	
Угол сгибания в плечевом суставе, градусов/ Angle of flexion in the shoulder joint, degrees	180	170-180	180	170-180	150	150-160	<0,001*
Угол отведения в плечевом суставе, градусов/ Angle of abduction in the shoulder joint, degrees	167,5	160-170	170	160-170	140	130-140	<0,001*

* - различия показателей статистически значимы (p<0,001)

* - differences in performance are statistically significant (p<0,001)

Таблица 4

Показатели боли через месяц после отмены иммобилизации

Table 4

Pain scores one month after immobilization

Оценки боли по ВАШ, баллов/ Evaluation of pain by VAS, points	I группа/I group (n=34)		II группа/II group (n=32)		III группа/III group (n=32)		P
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	
0	18	52,9	27	84,4	2	6,2	P ₁₋₂ <0,001
1	12	35,3	5	15,6	13	40,6	
2	4	11,8	0	0,0	17	53,1	

* - различия показателей статистически значимы (p<0,001)

* - differences in performance are statistically significant (p<0,001)

более высокими показателями в I и II группах по сравнению с III группой (p<0,001). Объем сгибания в плечевом суставе через месяц после прекращения иммобилизации составляла в I и II группах 180°, а в III группе – 150°. При оценке объема отведения плеча после завершения восстановительного этапа показатель в I и II группах составили 167,5° и 170°, соответственно. В III группе объем отведения в плечевом суставе составлял только 140°. Отметим статистически значимое увеличение объема движений в плечевом суставе в течение периода наблюдения (p<0,001) среди всех пациентов без исключения.

Проведенный анализ показал, что структура исследуемых групп по оценкам боли по ВАШ имела статистически значимые различия (p<0,001). Данный факт объяснялся более высокой долей пациентов, оценивающих интенсивность боли на 0-1 балл, в I и II группах по сравнению с III группой (p<0,001 в обоих случаях). Наивысшим процентом пациентов, отмечавших отсутствие боли отличалась II группа, доля данной категории составила 84,4%. В I группе доля случаев отсутствия боли составила 52,9%, а в III группе таких пациентов было лишь 6,2%.

Следует отметить статистически значимые различия между I и II группами по структуре оценок болевого синдрома ($p=0,013$). II группа характеризовалась отсутствием оценок боли на 2 балла, оценки в 1 балл отмечались лишь в 15,6% случаев.

В основе лечебной гимнастики с ДКНМ лежит физиологический механизм активизации нейрональных влияний на мышечную ткань, заключающийся в том, что чем большее количество двигательных единиц активизируется, тем больше секретируется ацетилхолина и нейромодулятора, который запускает каскад биохимических реакций внутри клетки, активизируя метаболизм мышечного волокна [13, 14]. Усиление нейротрофического влияния осуществляется путем произвольной активации двигательных единиц в режиме максимального рекрутирования, т.е. выполнения движений с максимально возможным напряжением мышц и, следовательно, усиления сигналов со стороны проприорецепторов.

Последовательность включения (рекрутирование) мышечных волокон в работу регулируется нервной системой и зависит от интенсивности нагрузки. При рекрутировании определенного, соответствующего силе сопротивления, количества и вида мышечных волокон, возрастает реакция мышцы на корковую стимуляцию. Активное мышечное напряжение, вызываемое сопротивлением – это наиболее эффективное проприоцептивное проторение (облегчение сокращения) [15]. Проторение может распространяться от проксимальных к дистальным мышечным группам и наоборот. При этом непременным условием является выполнение движения в медленном темпе со стабилизацией в конце каждого движения. Упражнения выполняются единым блоком, при совместном сокращении пораженных и непораженных мышц, когда тренируется не отдельная мышца, а группа мышц, участвующая в сложных мышечных актах, наиболее необходимых в практической деятельности пациента.

Преимущество включения в комплексное восстановительное лечение пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе упражнений с ДКНМ в периоде иммобилизации и продолжение их в комбинации с тонкослойной пелоидотерапией в виде локальных аппликаций после отмены иммобилизации заключается в том, что применяя данный метод воздействия, можно влиять на мышечную ткань, кровоснабжение синовиальных оболочек, увеличивая в большей степени диаметр венозных сосудов по сравнению с артериальными сосудами, что способствует восстановлению и поддержанию равновесия между образованием и абсорбцией синовиальной жидкости. Это важно для питания сустава, удаления продуктов распада и токсических веществ, а также предупреждения образования спаек в рубцовой ткани. Увеличивается абсорбция питательных веществ из синовиальной жидкости в хрящ. То есть усиливается

гемодинамика, микроциркуляция, улучшается трофика тканей, ускоряются репаративно-регенераторные процессы, повышается эластичность тканей и полноценно восстанавливаются движения в плечевом суставе.

Клинический пример. Пациентка Б., 50 лет. Диагноз: Полный разрыв ротаторной манжеты (надостной части) правого плечевого сустава. Операция: артроскопическая диагностика правого плечевого сустава, шов ротаторной манжеты. Оперирована на 14 сутки после получения травмы.

Консультирована врачом ЛФК на вторые сутки после хирургического лечения с разъяснением выполнения в периоде иммобилизации лечебной гимнастики с ДКНМ. Иммобилизация назначена на 5 недель. После отмены иммобилизации при повторном осмотре через 5 недель предъявляет жалобы на незначительную боль при движении, ограничение движения в оперированном суставе. При обследовании: Состояние удовлетворительное. Кожные покровы обычной окраски, над правым плечевым суставом не изменены. Визуально контуры плечевых суставов не изменены. При осмотре правого плечевого сустава определяется гипотрофия области дельтовидной, подостной и надостной мышц. При пальпации мест прикрепления ротаторов к большому бугорку плечевой кости определяется умеренная болезненность. При гониометрии выявлено, что движения в плечевом суставе ограничены и умеренно болезненные: сгибание – 700, отведение – 500. Сила мышц плечевого пояса снижена. По данным ВАШ уровень боли составлял 3 балла (из 10 возможных).

Пациентка в периоде иммобилизации (35 дней) занималась лечебной гимнастикой с ДКНМ. После отмены иммобилизации получила курс из 20 процедур лечебной гимнастики, направленной на увеличение объема движений в правом плечевом суставе и укрепления мышц верхнего плечевого пояса и правой верхней конечности, с частотой 5 раз в неделю. На правый плечевой сустав наносили тонкослойные грязевые аппликации (№10) по 15-20 минут.

К концу курса лечения пациентка отметила улучшение общего самочувствия, значительное уменьшение боли при движении в правом плечевом суставе и увеличение объема движений в правом плечевом суставе. Уровень боли после курса реабилитации (по данным ВАШ) – 1 балл. При гониометрии плечевого сустава сгибание составило 1700, отведение – 1500.

1.4 Выводы

Способ реабилитации пациентов после артроскопических операций на плечевом суставе по поводу разрыва вращательной манжеты плеча, включающий применение лечебной гимнастики с динамическим контролируемым напряжением мышц в периоде иммобилизации, выполняемый со вторых суток ежедневно, с последующим ее продолжением после отмены иммобилизации ежедневно в комбинации с применением тонкослойной

пелоидотерапии на область оперированного сустава (4-5 процедур в неделю) по 15-20 минут, №10-12 позволяет сохранить функцию сустава, корректировать нарушения двигательного стереотипа, профилактировать мышечную атрофию и другие осложнения гипокинезии конечности. А также уменьшить болевые ощущения, устранить мышечный дисбаланс и повысить выносливость мышц.

Список литературы

1. **Архипов С.В.** Артроскопический метод эндоскопического лечения субакромиальной компрессии ротаторной манжеты плеча // Современные принципы оперативной артроскопии. 1998. №1. С. 8-19.
2. **Широков В.А.** Боль в плече: патогенез, диагностика, лечение. М.: «Медпресс-информ», 2012. 240 с.
3. **Robert Z Tashjian.** Functional outcomes assessment in shoulder surgery // World Journal of Orthopedics. 2014. Vol.5, №5. P. 623-33.
4. **Wang HK, Cochrane T.** Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes // J. Sports Med. Phys. 2001. Vol.41, №3. P. 403-10.
5. **Котельников Г.П., Миронов С.П.** Травматология. Национальное руководство. М.: «Гэотар-медиа», 2008. 808 с.
6. **Епифанов В.А., Епифанов А.В.** Реабилитация в травматологии. М.: «Гэотар-медиа», 2010. 416 с.
7. **Гершбург М.И.** Реабилитация спортсменов после оперативного лечения плечевого сустава // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015. №2. С. 4-10.
8. **Itoi E.** Rotator cuff tear: physical examination and conservative treatment // J. Orthop. Sci. 2013. Vol.18, №2. P. 197-204.
9. **Цыкунов М.Б.** Реабилитация при повреждениях плечевого сустава // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2017. №1. С. 52-7.
10. **Thigpen CA, Shaffer MA, Kissenberth MJ.** Knowing the speed limit. Weighing the benefits and risks of rehabilitation progression after arthroscopic rotator cuff repair // Clin. Sports Med. 2015. Vol.34, №2. P. 233-46.
11. **Schmidt CC, Jarrett CD, Brown BT.** Management of rotator cuff tears // J. Hand Surg. Am. 2015. Vol. 40, №2. P. 399-408.
12. **Ross D.** Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a review of current literature // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2014. Vol.22, №1. P. 1-9.
13. **Макарова И.Н., Епифанов В.А.** Аутомиокоррекция. М.: «Триада-Х», 2002. 160 с.
14. **Куликов А.Г., Макарова И.Н., Ягодина И.И.** Остеоартроз: принципы и тактика использования средств лечебной физкультуры // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2016. №15. С. 328-31.
15. **Adler S, Beckers D, Buck M.** PNF in Practice. Berlin: Springer Medizin, 2014. 342 p.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что разработанный реабилитационный комплекс для пациентов, оперированных по поводу разрыва ВМП, является эффективным и позволяет в более короткие сроки купировать болевой синдром, позволяет значительно увеличить объем движений в прооперированном суставе и, как следствие, уменьшить сроки реабилитационного лечения пациентов.

References

1. **Arkhipov SV.** Arthroscopic method of endoscopic treatment of subacromial compression of rotator cuff. Modern principles of operative arthroscopy. 1998;(1):8-19. Russian.
2. **Shirokov VA.** Bol v pleche: patogenez, diagnostika, lechenie. Moscow, «Medpress-inform», 2012. 240 p. Russian.
3. **Robert Z Tashjian.** Functional outcomes assessment in shoulder surgery. World Journal of Orthopedics. 2014;5(5):623-33.
4. **Wang HK, Cochrane T.** Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. J. Sports Med. Phys. 2001;41(3):403-10.
5. **Kotelnikov GP, Mironov SP.** Travmatologiya. Natsionalnoe rukovodstvo. Moscow, «Geotar-media», 2008. 808 p. Russian.
6. **Epifanov VA, Epifanov AV.** Reabilitatsiya v travmatologii. Moscow, «Geotar-media», 2010. 416 p. Russian.
7. **Gershburg MI.** Rehabilitation of athletes after surgical treatment of the shoulder joint. Therapeutic physical training and sports medicine. 2015;(2):4-10. Russian.
8. **Itoi E.** Rotator cuff tear: physical examination and conservative treatment. J. Or-thop. Sci. 2013;18(2):197-204.
9. **Tsykunov MB.** Rehabilitation of shoulder joint injuries. Physical therapy and sports medicine. 2017;(1):52-7. Russian.
10. **Thigpen CA, Shaffer MA, Kissenberth MJ.** Knowing the speed limit. Weighing the benefits and risks of rehabilitation progression after arthroscopic rotator cuff repair. Clin. Sports Med. 2015;34(2):233-46.
11. **Schmidt CC, Jarrett CD, Brown BT.** Management of rotator cuff tears. J. Hand Surg. Am. 2015;40(2):399-408.
12. **Ross D.** Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a review of current literature. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2014;22(1):1-9.
13. **Makarova IN, Epifanov VA.** Automiokorreksiya. Moscow, Triada-X», 2002. 160 p. Russian.
14. **Kulikov AG, Makarova IN, Yagodina II.** Osteoarthritis: principles and tactics of the use of therapeutic physical education. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2016;(15):328-31. Russian.
15. **Adler S, Beckers D, Buck M.** PNF in Practice. Berlin, Springer Medizin, 2014. 342 p.

Информация об авторах:

Михалева Алина Владимировна, ассистент кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, начальник отделения ЛФК Главного клинического госпиталя МВД России. ORCID ID: 0000-0002-2213-3280 (+7 (985) 776-20-77, gimnast2001@mail.ru)

Куликов Александр Геннадьевич, проректор, заведующий кафедрой физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-1408-3308

Макарова Ирина Николаевна, профессор кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-0923-0510

Докторов Алексей Владимирович, травматолог-ортопед Главного клинического госпиталя МВД России. ORCID ID: 0000-0001-8935-3299

Пахомова Екатерина Евгеньевна, студентка лечебного факультета ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. ORCID ID: 0000-0001-9256-3094

Information about the authors:

Alina V. Mikhaleva, Assistant of the Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Head of the Department of Exercise Therapy of the Main Hospital of the Ministry of Internal Affairs of Russia. ORCID ID: 0000-0002-2213-3280 3280 (+7 (985) 776-20-77, gimnast2001@mail.ru)

Alexander G. Kulikov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Vice-Rector, Head of the Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education. ORCID ID: 0000-0002-1408-3308

Irina N. Makarova, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation of the Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education. ORCID ID: 0000-0002-0923-0510

Alexey V. Doktorov, M.D., Traumatologist-Orthopaedist of the Main Hospital of the Ministry of Internal Affairs of Russia. ORCID ID: 0000-0001-8935-3299

Ekaterina E. Pakhomova, Senior of the Medical Faculty of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0001-9256-3094

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 18.10.2018

Принята к публикации: 25.12.2019

Received: 18 October 2018

Accepted: 25 December 2019

Опыт использования открытых данных спортивной социальной сети для анализа результатов Московского марафона 2017 года

А.В. Мелехов¹, М.А. Мелехова²

¹ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

²ГБОУ города Москвы «Школа №1514», Департамент образования города Москвы, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение возможностей анализа открытых данных спортивной социальной сети, на примере Московского марафона 2017 г (ММ2017). **Материалы и методы:** получены данные, загруженные со спортивных гаджетов в социальную сеть Strava.com, 1165 из 7972 участников ММ2017 (информация о поле, возрасте, результате, средней частоте сердечных сокращений (ЧСС) и шагов на забеге, интенсивности тренировочного процесса). **Результаты:** возраст участников составил 34 (30-39) лет, 13% женщин, женщины статистически значимо младше мужчин. Медиана времени прохождения дистанции составила у женщин 4:31:56, у мужчин 4:03:11, $p=0,0001$; средней частоты шагов 174 и 169, соответственно, $p=0,0001$; средней ЧСС 163 и 162, соответственно, $p=0,07$. Связь возраста с результатом (по крайней мере, у бегунов младше 60 лет) не прослеживалась. Суммарный «набег», количество и продолжительность тренировок в 2017 и 2016 гг, личные рекорды на дистанциях от 5 до 42,2 км у мужчин и женщин не отличались, но закономерно оказались выше у участников с результатом забега выше медианного и у пользователей старше медианы возраста. Пользователи с результатом забега выше медианного имели статистически значимо более высокую среднюю ЧСС (163 и 161 ударов в минуту, $p=0,002$) и среднюю частоту шагов (174 и 166 в минуту, $p=0,0001$). Средняя ЧСС была ожидаемо большей у пользователей младше медианы возраста (164 и 160 ударов в минуту, $p<0,0001$), а средняя частота шагов при разделении выборки по медиане возраста статистически значимо не отличалась. Анализ длительности пребывания в пульсовых зонах показал, что пользователи, продемонстрировавшие лучший результат, были способны длительное время удерживать высокие значения ЧСС, что можно считать результатом большей интенсивности тренировок. **Выводы:** открытые данные пользователей спортивной социальной сети Strava.com позволяют не ограничиваться половозрастными характеристиками и результатами участников в аналитике массовых забегов. Наличие информации о средней ЧСС, средней частоте шагов на забеге, степени тренированности существенно расширяет исследовательские возможности в спортивной медицине. Интерпретация этих данных перспективна и в тренерской деятельности.

Ключевые слова: бег, марафон, результат, частота сердечных сокращений, тренированность, социальная сеть, Strava.com

Для цитирования: Мелехов А.В., Мелехова М.А. Опыт использования открытых данных спортивной социальной сети для анализа результатов Московского марафона 2017 года // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №1. С. 80-88. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.80.

Experience of using of sport social network open data for Moscow marathon 2017 results analysis

Aleksandr V. Melekhov¹, Marya A. Melekhova²

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

²School №1514, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to explore the possibilities of sport social network open data in analysis of Moscow Marathon 2017 (MM2017) results. **Materials and methods:** open data, downloaded from sport gadgets to Strava.com social network by 1165 of 7972 MM2017 participants were retrieved (information about sex, age, race time, average heart rate (HR) and cadence at the race, and training intensity). **Results:** the age of participants was 34 (30-39) years, 13% of women, women were significantly younger than men. The median of the race time was 4:31:56 for women, 4:03:11 for men, $p = 0.0001$; the average cadence was 174 and 169 respectively, $p = 0.0001$; average HR was 163 and 162 respectively, $p = 0.07$. There was no correlation between age and race time, at least for runners under 60 years. The total distance, the number and duration of trainings in 2017 and 2016, personal bests at distances 5-42.2 km did not differ significantly in men and women, but were higher in participants with over-median race time and over-median age. Average HR and average cadence of participants with under-median race time was significantly higher than in those with over-median race time (163 and 161 bpm, $p = 0.002$; 174 and 166 per minute, $p = 0.0001$ respectively). The average HR was expectedly higher in younger participants (164 and 160 bpm, $p < 0.0001$). The average cadence in runners divided by the median of age was not significantly different. Analysis of average time in pulse zones showed that participants with better race time were able to maintain higher HR for longer time, what can be considered to more intense training. **Conclusions:**

the open data of Strava.com users can enrich mass running analytics, limited before by age, sex and the race time of participants. The availability of information about the average HR, cadence at the race and training intensity can improve the research possibilities in sports medicine. This data can be useful instrument of coaching.

Key words: running, marathon, result, heart rate, fitness, social network, Strava.com

For citation: Melekhov AV, Melekhova MA. Experience of using of sport social network open data for Moscow marathon 2017 results analysis. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(1):80-88. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.80.

1.1 Введение

Последние десятилетия среди людей, занимающихся спортом (как на любительском, так и профессиональном уровне), получают широкое распространение устройства, позволяющие отслеживать продолжительность и интенсивность тренировок, а также некоторые физиологические параметры (частоту сердечных сокращений (ЧСС), дыхательных движений и т.д.). Фитнес-трекеры, наручные часы, наушники, навигаторы и мобильные телефоны с подобным функционалом стали особенно популярны среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, развивающими выносливость (бег, плавание, велоспорт, триатлон, лыжные гонки). Производители устройств предоставляют пользователям программное обеспечение, помогающее оценивать эффективность тренировок и делать прогнозы спортивных достижений. Социальная сеть Strava.com позволяет сделать это на основании загруженных пользователями данных о тренировках, полученных с помощью устройств, и объединяет спортсменов со всех континентов.

Ранее беговая аналитика была ограничена оценкой трех параметров, фиксируемых в общедоступных официальных протоколах массовых забегов – поле, возрасте и результате на дистанции [1-3], дополнялась данными дополнительного обследования атлетов [4], опросов [5] или информацией о профиле трассы [6]. В последнее время количество публикаций в области спортивной медицины, в которых используются данные, получаемые с помощью спортивных гаджетов, увеличивается [7, 8]. Однако нам удалось обнаружить лишь одну статью, авторы которой использовали данные социальной сети Strava.com [9].

Целью нашего исследования стало изучение возможностей анализа данных, полученных с сайта Strava.com, на примере самого массового отечественного забега на дистанцию 42,2 км в 2017 году – Московского марафона (ММ2017).

1.2 Материалы и методы

Для получения данных из социальной сети Strava.com первоначально мы обратились с просьбой предоставить нам эти данные к администрации сайта. Однако политика сайта запрещает передавать эти данные кому-либо, в связи с чем мы получили отказ.

Зарегистрировавшись в качестве пользователя социальной сети Strava.com, мы получили доступ к открытым данным пользователей, участвовавших в ММ в 2017 году и загрузивших сведения о пробеге, зафиксированные каким-либо спортивным гаджетом. Для дальнейшего анализа мы с помощью специализирован-

ного программного обеспечения (поискового бота, индексующего содержимое выбранных веб-страниц при помощи регулярных выражений) собрали о каждом из таких пользователей следующие данные: пол, возраст, время, затраченное на преодоление дистанции (42,2 км), среднюю частоту шагов в минуту и среднюю ЧСС на протяжении забега. Для премиум-пользователей (менее 6% от всех проанализированных) были доступны сведения о доле времени пребывания в каждой из пяти пульсовых зон.

Кроме того, мы проанализировали показатели, характеризующие подготовленность участника к забегу (количество беговых тренировок в 2017 и 2016 гг, их общую продолжительность и километраж). Эти параметры автоматически подсчитывались на сайте на основании загруженных пользователем данных со спортивного гаджета. В случае, если пользователь загружал данные о других видах тренировок (велосипед, плавание), эти данные также учитывались и использовались в дальнейшем анализе для расчета общего количества тренировок и общего времени, затраченного на них, в 2017 и 2016 гг.

Некоторые из пользователей самостоятельно указали в своем профиле личные рекорды в забегах на дистанции от 5 до 42,2 км. Эти данные также были включены в базу данных.

Значительная часть включенных в исследование пользователей сайта Strava.com не предоставили информацию о поле и возрасте для открытого доступа. Эти данные, а также официальный результат мы получили из протокола забега на сайте Пробег (http://base.probeg.org/race/26090) для тех пользователей, кто был зарегистрирован в социальной сети Strava.com под настоящим именем и фамилией.

Поскольку распределение большинства признаков отличалось от нормального, для их описания использовалась медиана и интерквартильный размах. Некоторые параметры были известны не для всех пользователей, в таких случаях указывалось точное количество (n). Для сравнения независимых групп использовался метод Манна-Уитни.

1.3 Результаты и их обсуждение

Для участия в ММ2017 было зарегистрировано 7972 участников (из них финишировало 7680 человек): 1284 женщин (финишировало 1201) и 6688 мужчин (финишировало 6479). Таким образом среди финишеров оказалось 15,6% женщин. Медиана и интерквартильный размах возраста финишеров составили 34 (29-41) лет, для женщин 30 (27-37) лет, для мужчин 34 (30-41) лет.

Мы проанализировали страницы 1165 пользователей социальной сети Strava.com, загрузивших на сайт данные, зафиксированные спортивным гаджетом во время участия в этом забеге, что составило 15,2% от всех финишировавших участников ММ2017.

Выборка оказалась репрезентативна для всей совокупности финишеров по половозрастным характеристикам (рис. 1), в нее вошли 141 женщина (13% от выборки и 11,7% от всех женщин, финишировавших на ММ2017) и 948 мужчин (87% от выборки и 14,6% финишировавших мужчин). Пол был известен для 93,5% проанализированных пользователей. Данные о возрасте оказались доступны для 85% пользователей, его медиана и интерквартильный размах составили 34 (30-39) лет, минимальное и максимальное значения – 19 и 61 год, соответственно.

Результаты забега и основные характеристики проанализированных участников представлены в таблице 1.

Медиана времени прохождения дистанции изученных пользователей оказалась ниже, чем по всей совокупности финишировавших в ММ2017 (4:08:44 (3:43:04-4:39:45), у женщин 4:31:56 (4:05:27-5:01:25), у мужчин 4:03:11 (3:39:24-4:33:37)), что, вероятно, объясняется тем, что участники в лучшей спортивной форме были чаще мотивированы для использования спортивных гаджетов и специализированной социальной сети, представляя собой довольно специфическую выборку.

Женщины оказались статистически значимо младше мужчин (как и среди всех финишеров). Женщинам ожидаемо требовалось большее время на преодоление дистанции (как и среди всех финишеров) при более высокой средней частоте шагов, чем у мужчин. При этом статистически значимых отличий по средней ЧСС у женщин и мужчин не было.

Как видно из таблицы 1, время прохождения дистанции, указанное в социальной сети Strava.com, отлич-

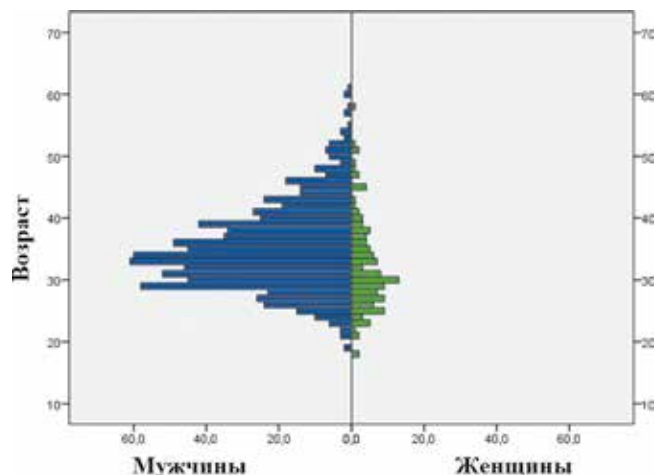


Рис. 1. Распределение проанализированных пользователей социальной сети Strava.com, участвовавших в ММ2017, по полу и возрасту

Pic. 1. Age and gender distribution of Srava.com users, that took part in the Moscow Marathon 2017

чается от официального результата. В связи с этим для дальнейших расчетов использовались только данные из официального протокола.

На рисунке 2 представлено распределение результатов забега у участников различных возрастных групп. Как видно, оно существенно отличается в выборке проанализированных пользователей и во всей совокупности финишеров, хотя в обоих случаях связь возраста с результатом (по крайней мере, у бегунов младше 60 лет) практически не прослеживается. Возраст пользователей, продемонстрировавших наилучший результат, оказался у женщин 26 лет, у мужчин – 36 лет (по всем финишерам – 29 и 28 лет). Средний возраст пользователей, показавших 10 лучших результатов, составил у женщин

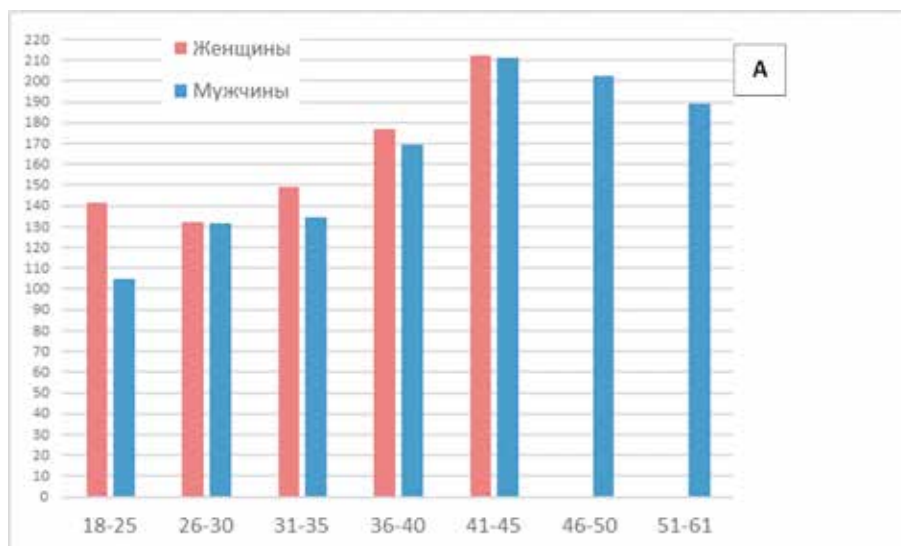
Таблица 1

Основные характеристики пользователей социальной сети Strava.com, участвовавших в ММ2017

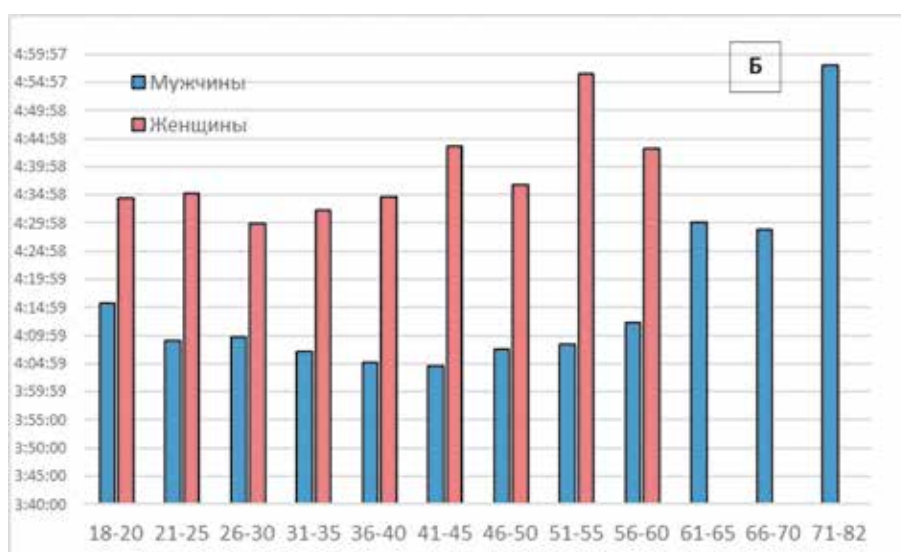
Table 1

General characteristics of Strava.com users, that took part in the Moscow Marathon 2017

Параметр/Parameter	Вся выборка/Total	Мужчины/Men	Женщины/Women	P
Возраст, лет/Age, years	34 (30-39) n=989	34 (30-39) n=831	30 (27-36) n=130	0,0001
Время прохождения дистанции, указанное на Strava.com, часы:минуты:секунды/ Race time, took from Strava.com, hours:minutes:seconds	3:56:14 (3:35:37-4:20:25) n=1163	3:53:41 (3:32:43-4:17:24) n=946	4:15:44 (3:52:44-4:34:40) n=141	0,0001
Официальное время прохождения дистанции 42,2 км из протокола, часы:минуты:секунды/ Official protocol race time, hours:minutes:seconds	3:57:04 (3:35:22-4:21:23) n=989	3:54:24 (3:32:01-4:17:16) n=831	4:17:15 (3:55:19-4:35:57) n=130	0,0001
Средняя ЧСС за время забега, ударов в минуту/ Average heart rate during racing, beats per minute	162 (156-168) n=804	162 (156-168) n=680	163 (159-167) n=83	0,07
Средняя частота шагов в минуту за время забега/ Average cadence during racing	170 (164-176) n=818	169 (163-176) n=672	174 (167-179) n=97	0,0001



Женщины n=22 n=44 n=29 n=19 n=16 (41-58 лет)
Мужчины n=39 n=176 n=264 n=185 n=98 n=44 n=25



Женщины n=175 n=365 n=272 n=158 n=82 n=58 n=35 n=15 n=11 (61-73 лет)
Мужчины n=77 n=488 n=1382 n=1596 n=1138 n=769 n=441 n=273 n=154 n=98 n=40 n=23 (61-82 лет)

Рис. 2. Распределение результатов забега у пользователей различных возрастных групп. А – среди проанализированных пользователей Strava.com (n=959), Б – среди всех финишеров MM2107 (n=7650)

Pic 2. Race time distribution in different age groups. A – Strava.com users (n=959), B – all MM2017 finishers (n=7650)

32 года, у мужчин – 35 лет (по всем финишерам – 28,5 и 29,5 лет, соответственно).

Мы проанализировали показатели, характеризующие степень подготовленности пользователей к MM2017. В таблице 2 приведены сведения о суммарном «набеге», количестве и продолжительности тренировок в 2017 и 2016 гг, о личных рекордах пользователей на дистанциях от 5 до 42,2 км, в общей выборке, а также в подгруппах пользователей, пробежавших MM2017 с результатом выше и ниже медианы значений для своего пола. Статистически значимых отличий по всем этим параметрам между мужчинами и женщинами не наблюдалось.

Как видно из таблицы 2, частота, продолжительность тренировок и суммарный «набег», судя по данным, загруженным в социальную сеть в год забега, были почти в 2 раза выше, чем в год, предшествующий забегу. Анализируемые показатели закономерно распределились в подгруппах с результатом выше и ниже медианы с учетом пола: пользователи, затратившие меньшее время на преодоление дистанции, посвящали тренировкам статистически значимо больше времени.

На рисунке 3 демонстрируется распределение показателей, характеризующих тренированность, по различным возрастным группам. Видно, что с возрастом поль-

Таблица 2

Показатели тренированности пользователей социальной сети Strava.com, участвовавших в Московском марафоне в 2017 году

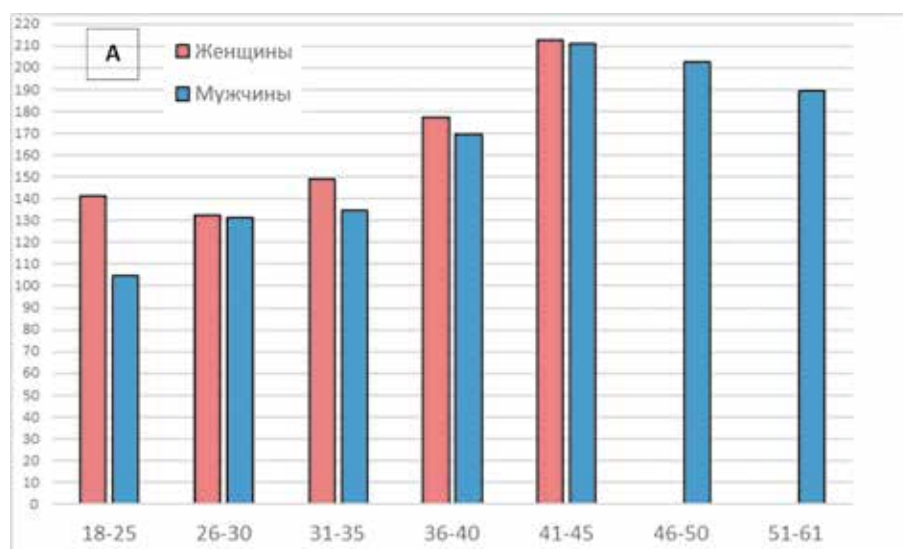
Table 2

Training intensity parameters of Strava.com users, that took part in the Moscow Marathon 2017

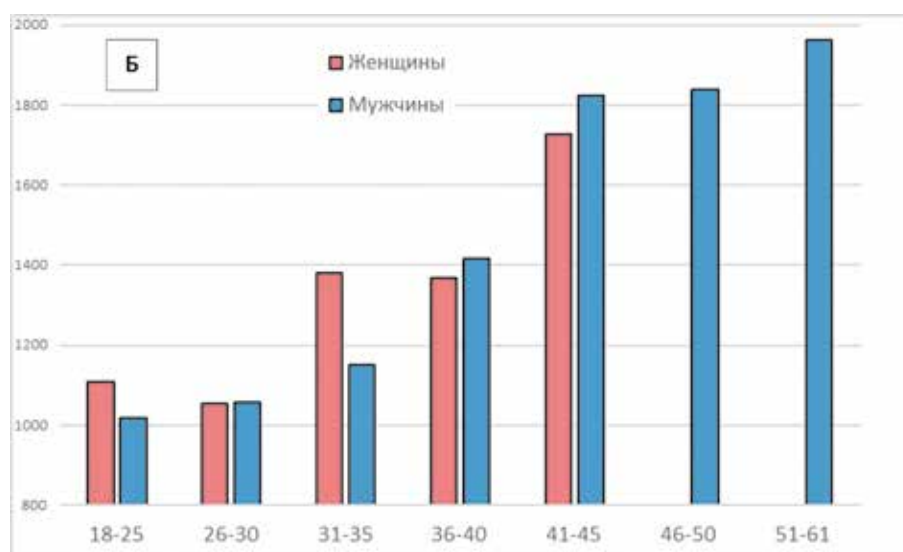
Год/Year	Параметр/Parameter	Вся выборка/ Total	Результат < 3:57:04/ Result < 3:57:04	Результат > 3:57:04/ Result > 3:57:04	P
2017	Количество беговых тренировок/ The number of running workouts	107 (62-162) n=1141	130 (81-200) n=486	88 (51-130) n=485	0,0001
	Суммарная продолжительность беговых тренировок, часы:минуты/The total duration of running workouts, hours: minutes	108:09 (64:04-167:24) n=1141	125:43 (81:36-204:01) n=486	91:09 (52:35-140:17) n=485	0,0001
	Суммарный «набег», км/ Total distance run, km	1075 (643-1691) n=1141	1329 (869-2177) n=486	856 (518-1337) n=485	0,0001
	Общее количество тренировок (бег, велосипед, плавание)/Total number of trainings (jogging, cycling, swimming)	133 (78-205) n=1141	165 (100-246) n=486	109 (62-166) n=485	0,0001
	Суммарная продолжительность тренировок (бег, велосипед, плавание) часы:минуты/Total duration of training (running, cycling, swimming) hours: minutes	136:34 (78:49-212:10) n=1141	172:22 (105:00-243:42) n=486	111:03 (63:50-170:21) n=485	0,0001
2016	Количество беговых тренировок/ The number of running workouts	67 (28-129) n=708	83 (36-142) n=310	51 (22-106) n=298	0,0001
	Суммарная продолжительность беговых тренировок, часы:минуты/ Total duration of running workouts, hours: minutes	62:03 (23:36-123:24) n=708	77:50 (34:30-142:31) n=310	47:34 (19:09-93:36) n=298	0,0001
	Суммарный «набег», км/ Total distance run, km	632 (235-1243) n=708	812 (384-1571) n=310	472 (196-904) n=298	0,0001
	Общее количество тренировок (бег, велосипед, плавание)/Total number of trainings (jogging, cycling, swimming)	86 (36-165) n=720	112 (46-202) n=310	61 (27-135) n=303	0,0001
	Суммарная продолжительность тренировок (бег, велосипед, плавание) часы:минуты/ The total duration of training (running, cycling, swimming) hours: minutes	80:10 (32:12-173:04) n=720	104:06 (46:02-200:32) n=310	57:55 (25:26-130:04) n=303	0,0001
	Личный рекорд на 5 км, часы:минуты:секунды/ Personal record for 5 km, hours: minutes: seconds	0:19:48 (0:19:09-0:21:07) n=64	0:19:33 (0:18:16-0:20:04) n=38	0:22:15 (0:21:12-0:23:49) n=16	0,0001
	Личный рекорд на 10 км, часы:минуты:секунды/ Personal record for 10 km, hours: minutes: seconds	0:42:54 (0:40:43-0:46:20) n=88	0:41:54 (0:39:35-0:43:43) n=48	0:46:35 (0:44:12-0:49:05) n=28	0,0001
	Личный рекорд на 21,1 км, часы:минуты:секунды/ Personal record for 21.1 km, hours: minutes: seconds	1:36:08 (1:29:27-1:42:57) n=133	1:30:52 (1:24:35-1:37:41) n=73	1:42:05 (1:37:47-1:49:15) n=41	0,0001
	Личный рекорд на 42,2 км, часы:минуты:секунды/ Personal record for 42.2 km, hours: minutes: seconds	3:32:00 (3:17:42-3:51:16) n=119	3:23:29 (3:03:53-3:36:30) n=74	4:00:13 (3:47:26-4:18:02) n=26	0,0001

зователи посвящали тренировкам больше времени. Все показатели тренированности (количество, суммарная продолжительность тренировок, суммарный «набег» в 2016 и 2017 годах) были статистически значимо большими у пользователей старше медианы возраста. Учитывая, что при разделении пользователей по медиане

результата, возраст, в отличие от показателей тренированности, статистически значимо не отличался, можно предположить, что бегунам старших возрастных групп требуется большее количество тренировок для поддержания результата, сопоставимого с более молодыми спортсменами. Стоит отметить, что количество пользо-



Женщины n=22 n=44 n=29 n=19 n=16 (41-58 лет)
Мужчины n=39 n=176 n=264 n=185 n=98 n=44 n=25



Женщины n=22 n=44 n=29 n=19 n=16 (41-58 лет)
Мужчины n=39 n=176 n=264 n=185 n=98 n=44 n=25

Рис. 3. Общее количество тренировок (А) и общий «набег» (Б) пользователей различных возрастных групп в 2017 году
Pic. 3. Total number of workouts (A) and total distance run (B) by Strava.com users in different age groups in 2017

вателей старше 45 лет, для которых были известны об-суждаемые показатели, было невелико.

Как видно из рисунка 4, пользователи, показавшие на забеге результат лучше медианы значений, имели ста-тистически значимо более высокая средняя ЧСС и сред-нюю частоту шагов. Средняя ЧСС была ожидаемо боль-шим у пользователей младше медианы возраста (164 (158-169) и 160 (154-165) ударов в минуту, $p < 0,0001$), а средняя частота шагов при разделении выборки по ме-диане возраста статистически значимо не отличалась.

67 из 1165 включенных в исследование пользовате-лей Strava.com (5,8%) имели премиум-аккаунт, позволя-ющий анализировать продолжительность пребывания в

каждой из пульсовых зон во время забега. На Рисунке 5 представлено распределение средних значений этих параметров у всех проанализированных пользователей, а также при разделении выборки по медиане результата с учетом пола. Как видно, пользователи, продемонст-ровавшие лучший результат, были способны длительнее удерживать высокие значения ЧСС, чем пользователи, затратившие больше времени на прохождение дистан-ции. Определенно, это стоит связывать с большим коли-чеством и длительностью тренировок.

Традиционно при анализе массовых забегов исполь-зуются пол, возраст и результат. Открытые данные со-циальной сети Strava.com позволяют обогатить беговую

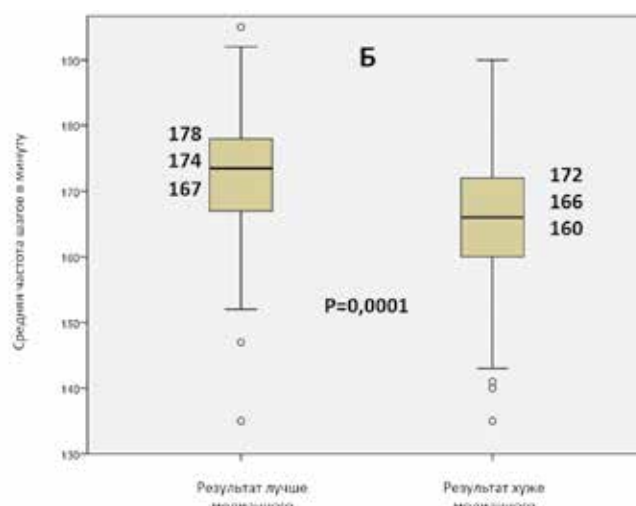
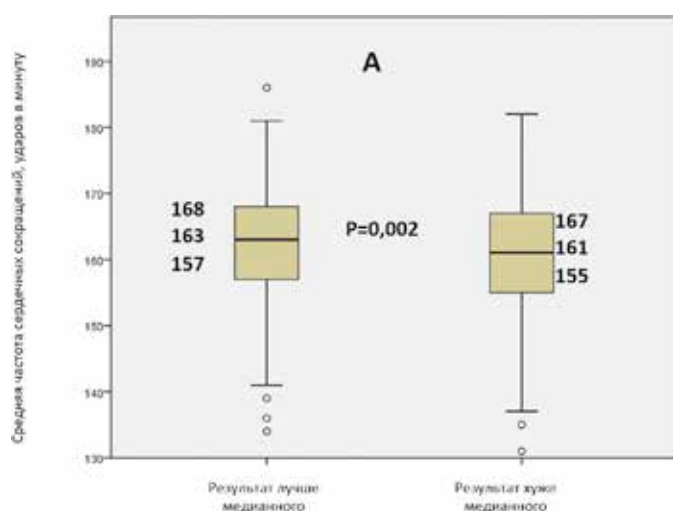


Рис. 4. Средняя ЧСС (А) и средняя частота шагов (Б) у пользователей с результатом лучше и хуже медианы значений с учетом пола
Pic. 4. Average heart rate (A) and cadence (B) in users with sex-adjusted race time better and worse than median

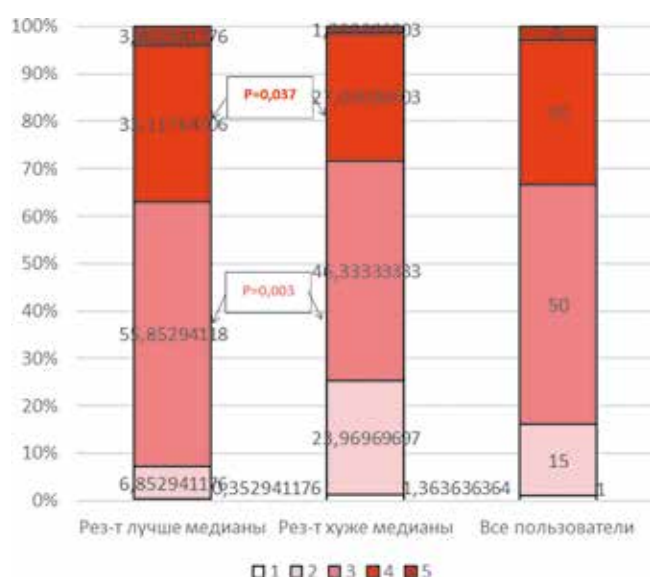


Рис. 5. Средняя доля времени пребывания в каждой из пульсовых зон за время забега у всех проанализированных пользователей (n=67), а также при разделении выборки по медиане результата
Pic. 5. Average time at pulse zones in Strava.com users during race (n=67), divided by race time median

аналитику физиологическими параметрами (ЧСС, время пребывания в разных пульсовых зонах) и показателями, характеризующими подготовленность пользователя к забегу.

Однако, такой подход при всем удобстве имеет ряд ограничений.

Понятно, что далеко не все участники Московского марафона 2017 являются пользователями этой социальной сети. Не все пользователи, данные которых были в социальной сети Strava.com в открытом доступе, отслеживали забег с помощью устройств, позволяющих

фиксировать ЧСС и частоту шагов. Оценить продолжительность пребывания в каждой из пульсовых зон было возможно лишь для премиум-пользователей. Не все участники предоставили в открытый доступ данные о своем возрасте и поле, эти данные пришлось получать из протокола забега.

Время прохождения дистанции, указанное участниками в социальной сети, нередко отличалось от их официального результата. Это связано с тем, что фиксация результата с помощью спортивного гаджета осуществляется бегом произвольно, по нажатию кнопки, а официального времени – с помощью более точных систем и чипа, закрепленного на номере участника.

Исследованная нами выборка была представлена преимущественно молодыми мужчинами, что связано не только с большей популярностью бега на длинные дистанции именно у этой категории, но и с их большей приверженностью к использованию спортивных гаджетов и специализированной социальной сети. Это подтверждается не только несколько меньшими долями женщин, но и немного меньшим временем прохождения дистанции у пользователей Strava.com, вошедших в нашу выборку, чем среди всех финишеров забега.

Несмотря на выявленную взаимосвязь показателей тренированности с показанным результатом на забеге, не стоит упускать из вида, что пользователи могли заносить в социальную сеть не все свои тренировки. Поскольку Московский марафон в 2017 году состоялся 24 сентября, понятно, что в суммарные показатели, характеризующие подготовленность спортсмена к забегу, вошли и тренировки, проведенные уже после участия пользователя в анализируемом забеге.

Значительно меньшее количество тренировок (а также их суммарная продолжительность и километраж), проведенных в 2016 году большинством проанализированных пользователей, в сравнении с 2017 годом, стоит

объяснять не столько реальным изменением интенсивности тренировок, сколько началом работы в социальной сети Strava.com незадолго до анализируемого забега (соответственно, в анализ вошла информация лишь о части процесса подготовки). Это подтверждается и тем, что количество пользователей, загружавших данные о своих тренировках в 2017 г, было почти в два раза выше, чем в 2016 г.

Статистически значимая связь между официальным результатом в 2017 г и личным рекордом на марафонской дистанции объясняется тем, что у многих пользователей результат 2017 г был единственным, или рекорд был зафиксирован именно на этом забеге.

1.4 Выводы

1. Из 7680 финишеров MM2017 15,2% оказались пользователями социальной сети Strava.com, данные которых находятся в открытом доступе.

2. Проанализированная выборка репрезентативна в отношении всей совокупности финишеров по полу и возрасту, однако результат и его распределение в возрастных группах существенно отличались, отражая специфику пользователей Strava.com.

Список литературы

1. Ципин Л.Л., Трясов В.Б. Сравнительный анализ результатов в беге на длинные дистанции в России и мире // Ученые записки университета Лесгафта. 2011. №4. С. 194-7.
2. Knechtle B, Nikolaidis PT. Sex- and age-related differences in half-marathon performance and competitiveness in the world's largest half-marathon – the GöteborgsVarvet // Res Sports Med. 2018. Vol.26, №1. P. 75-85. DOI: 10.1080/15438627.2017.1393749.
3. Nikolaidis PT, Knechtle B. Pacing in age group marathoners in the «New York City Marathon» // Res Sports Med. 2018. Vol.26, №1. P. 86-99. DOI: 10.1080/15438627.2017.1393752.
4. Ogueta-Alday A, Morante JC, Gómez-Molina J, García-López J. Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level // PLoS One. 2018. Vol.13, №1. e:0191688. DOI: 10.1371/journal.pone.0191688.
5. Leyk D, Erley O, Gorges W, Ridder D, Rütther T, Wunderlich M, Sievert A, Essfeld D, Piekarski C, Erren T. Performance, training and lifestyle parameters of marathon runners aged 20-80 years: results of the PACE-study // Int J Sports Med. 2009. Vol.30, №5. P. 360-5. DOI: 10.1055/s-0028-1105935.
6. Саватенков В.А., Фатьянов И.А. Влияние профиля трассы на результат в марафонском беге в рамках крупнейших международных соревнований // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2014. №3. С. 29-33.
7. Boudreaux BD, Hebert EP, Hollander DB, Williams BM, Cormier CL, Naquin MR, Gillan WW, Gusew EE, Kraemer RR. Validity of Wearable Activity Monitors during Cycling and Resistance Exercise // Med Sci Sports Exerc. 2018. Vol.50, №3. P. 624-33. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001471.
8. Xie J, Wen D, Liang L, Jia Y, Gao L, Lei J. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study // JMIR MhealthUhealth. 2018. Vol.6, №4. e:94. DOI: 10.2196/mhealth.9754.
9. Best A, Braun B. Using a novel data resource to explore heart rate during mountain and road running // Physiol Rep. 2017. Vol.5, №8. e:13256. DOI: 10.14814/phy2.13256.

3. Показатели, характеризующие тренированность, оказались статистически значимо большими у пользователей, показавших результат на забеге лучше медианного. Бегунам старших возрастных групп требуется большее количество тренировок для поддержания результата, сопоставимого с более молодыми спортсменами.

4. Более хорошие результаты ассоциированы с поддержанием большей средней частоты шагов, достижением большей средней ЧСС, возможностью более длительного пребывания в большей пульсовой зоне.

Таким образом, нам удалось использовать данные, публикуемые пользователями спортивной социальной сети Strava.com в открытом доступе, для анализа результатов MM2017. Ранее аналитика массовых забегов ограничивалась половозрастными характеристиками и результатами участников забега. Наличие информации о средней ЧСС, средней частоте шагов на забеге, степени тренированности существенно расширяет исследовательские возможности в спортивной медицине. Интерпретация подобного рода данных весьма перспективна и в тренерской деятельности.

References

1. Tsypin LL, Tryasov VB. Comparative analysis of long distance running results in Russia and in the world. Scientific notes of Lesgaft University. 2011;(4):194-7. Russian.
2. Knechtle B, Nikolaidis PT. Sex- and age-related differences in half-marathon performance and competitiveness in the world's largest half-marathon – the GöteborgsVarvet. Res Sports Med. 2018;26(1): 75-85. DOI: 10.1080/15438627.2017.1393749.
3. Nikolaidis PT, Knechtle B. Pacing in age group marathoners in the «New York City Marathon». Res Sports Med. 2018;26(1):86-99. DOI: 10.1080/15438627.2017.1393752.
4. Ogueta-Alday A, Morante JC, Gómez-Molina J, García-López J. Similarities and differences among half-marathon runners according to their performance level. PLoS One. 2018;13(1):e:0191688. DOI: 10.1371/journal.pone.0191688.
5. Leyk D, Erley O, Gorges W, Ridder D, Rütther T, Wunderlich M, Sievert A, Essfeld D, Piekarski C, Erren T. Performance, training and lifestyle parameters of marathon runners aged 20-80 years: results of the PACE-study. Int J Sports Med. 2009;30(5):360-5. DOI: 10.1055/s-0028-1105935.
6. Savatenkov VA, Fatyanov IA. Route profile influence on Marathon running result in major international competitions. Physical education and sport training. 2014;(3):29-33. Russian.
7. Boudreaux BD, Hebert EP, Hollander DB, Williams BM, Cormier CL, Naquin MR, Gillan WW, Gusew EE, Kraemer RR. Validity of Wearable Activity Monitors during Cycling and Resistance Exercise. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(3):624-33. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001471.
8. Xie J, Wen D, Liang L, Jia Y, Gao L, Lei J. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study. JMIR MhealthUhealth. 2018;6(4):e:94. DOI: 10.2196/mhealth.9754.
9. Best A, Braun B. Using a novel data resource to explore heart rate during mountain and road running. Physiol Rep. 2017;5(8):e:13256. DOI: 10.14814/phy2.13256.

Информация об авторах:

Мелехов Александр Всеволодович, доцент кафедры госпитальной терапии №2 лечебно-го факультета ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-1637-2402

Мелехова Марья Александровна, ученица 11-го класса ГБОУ города Москвы «Школа №1514» Департамента образования г. Москвы. ORCID ID: 0000-0002-1661-9663 (+7 (903) 180-96-22, melekhovamarya@gmail.com)

Information about the authors:

Aleksandr V. Melekhov, MD, D.Sc. (Medicine), Associate Professor of the Hospital Therapy Department №2 of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-1637-2402

Marya A. Melekhova, Senior of the School №1514. ORCID ID: 0000-0002-1661-9663 (+7 (903) 180-96-22, melekhovamarya@gmail.com)

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 10.12.2018

Принята к публикации: 16.01.2019

Received: 10 December 2018

Accepted: 16 January 2019

Серия «Библиотека журнала «Спортивная медицина: наука и практика»**Мониторинг частоты сердечных сокращений
в управлении тренировочным процессом
в физической культуре и спорте**

Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е.

В теоретической части книги представлены сведения о влиянии физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему, частоту сердечных сокращений (ЧСС) в покое и при физической нагрузке, а также о факторах, влияющих на ЧСС. Описаны регуляторные механизмы, позволяющие обеспечить адаптацию организма к изменяющимся условиям функционирования, и процессы энергетического обеспечения организма при выполнении мышечной деятельности. Тренерам, спортсменам, а также лицам, занимающимся оздоровительной физической культурой, и пациентам, в том числе, кардиологического профиля, пользующимся мониторами частоты сердечных сокращений для наблюдения за деятельностью организма при физической нагрузке, предоставлена возможность выбора нагрузочных зон для повышения функциональных возможностей организма.

В практической части книги приведены примеры использования мониторов для регистрации ЧСС, проведения анализа и оценки полученных данных разными категориями пользователей. Продемонстрированы возможности использования полученных данных при планировании величины тренировочных и лечебных физических нагрузок, при проведении динамических наблюдений, для сравнения и оценки полученных данных. Показано, что применение мониторов ЧСС при выполнении физических нагрузок позволяет сделать тренировочный процесс или курс лечебной физкультуры отслеживаемыми, дозируемыми и безопасными, что в целом значительно повышает их эффективность.

Книгу можно заказать на сайте издательства «Спорт»: <http://www.olimppress.ru/>