



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ
спортивная медицина

УЧРЕДИТЕЛИ:

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Автономная некоммерческая организация
«Клиника Спортивной Медицины-Лужники»

Ачкасов Евгений Евгеньевич

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 (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., 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)

Позин С.Н. – акад. РАН, проф., д.м.н., зав. каф. медико-социальной экспертизы и гериатрии РМАНПО

(Россия, Москва) (*Медико-социальная экспертиза и медико-социальная реабилитация*)*

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

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



СЕЧЕНОВСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



КЛИНИКА ЛУЖНИКИ
спортивная медицина

Founded by:

Sechenov First Moscow State Medical University
(Sechenov University)

Luzhniki Sports Medicine Clinic

Evgeny E. Achkasov

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 (Moscow, Russia)

ASSOCIATE EDITORS:

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

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

EDITORIAL BOARD:

Aly Asanov – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Clinical Genetics of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Member of the European Society of Human Genetics (ESHG) (Moscow, Russia)

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

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

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

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

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

Aleksandr Epifanov – M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Medical Rehabilitation of the A.I. Yev-

dokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia) (*Diseases of Nervous System*)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Medical Academy of Postgraduate Education (Moscow, Russia) (*Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation*)*

Andrey Sereda – M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Department of Restorative Medicine, Physical Therapy and Sports Medicine (Balneology and Physiotherapy) of the Institute of Advanced Training of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (Moscow, Russia) (*Restorative Medicine, Sports Medicine, Exercise Therapy, Balneology and Physiotherapy*)

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

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

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

Zbigniew Waśkiewicz – M.D., Professor of the Faculty of Physical Education of the Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education (Poland, Katowice)

EDITORIAL COUNCIL:

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

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

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

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

Aleksandr 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
- Новости спортивной медицины

Виды публикуемых материалов:

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

Издатель:

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

Заведующая редакцией журнала:

Царенко Алёна Игоревна
Тел.: +7 (968) 806-17-88
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 15.12.2019
Формат 60x90/8
Тираж 1000 экз.
Цена договорная

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

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

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается.

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

Л.И. Вахитов, Т.Л. Зефиоров, И.Х. Вахитов

Реакция насосной функции сердца баскетболистов-колясочников на физическую нагрузку в зависимости от степени поражения опорно-двигательного аппарата 5

А.А. Грушин, И.Е. Зеленкова, О.С. Глазачев, Е.Н. Дудник, С.В. Зоткин, П.В. Корнеев, С.В. Копров, Д.Х. Альмяшев

Оценка оксидативно-антиоксидантного статуса и аэробной работоспособности элитных лыжников-гонщиков в динамике тренировок в условиях естественного среднегорья 11

Г.Д. Кнуттген

Количественная оценка и описание физической работоспособности. 21

А.Б. Мирошников, В.В. Волков, А.В. Смоленский

Влияние высокоинтенсивной интервальной тренировки на гипертрофию, силу и окислительные способности рабочих мышц спортсменов силовых видов спорта: поперечное исследование. 25

Биомедицинские технологии

М.П. Потаннев, Г.М. Загородный, С.И. Кривенко, В.Г. Бодан, А.О. Свирский, А.С. Ясюкевич, В.И. Асаевич, Д.В. Букач, О.Л. Эйсмонт

Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата 33

Заболевания спортсменов

Ю.А. Гребенников, Н.Д. Гольберг

Стоматологический статус лиц, занимающихся спортивным плаванием 46

Фармакологическая поддержка

А.В. Воронков, А.Д. Геращенко, Т.А. Лысенко, Е.Е. Зацепина, А.В. Арльт

Влияние соединения АТАСЛ на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок животных. 55

Спортивная психология

С.И. Баршак, А.Е. Иголкина, К.С. Назаров, И.Н. Митин, С.А. Парастаев, А.В. Жолинский

К вопросу о необходимости оптимизации психологических мероприятий медико-биологического обеспечения спортсменов высшей квалификации 60

Реабилитация

А.В. Снигирева, С.М. Носков, А.А. Лаврухина

Взгляд на остеоартрит коленных суставов и бег через призму МРТ-исследований 67

Е.В. Чумак, А.С. Снигирев, О.А. Кошевой

Контроль случаев наблюдений применения статодинамических упражнений в постоперационном периоде после менискэктомии у высококвалифицированных волейболистов. 74

Новости спортивной медицины

Ю.Л. Вевецева, П.Ю. Прохоров

Актуальные вопросы спортивной медицины: Европейский конгресс-2019. 80

И.Е. Зеленкова, Д.С. Ильин

Отчет о Всемирной международной конференции по вопросам допинга в спорте (Катовица, Польша, 4-7 ноября 2019 года). 83

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

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
eLIBRARY.RU

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

РУКОНТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕСУРС

INFOBASE INDEX

Crossref

Scientific Indexing Services

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

FEATURED TOPICS:

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

TYPES OF PUBLISHED MATERIALS:

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

Publisher:



«Russkiy Vrach»
Publishing House

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

Managing editor:

Alena Tsarenko
Mobile: +7 (968) 806-17-88
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 15 December 2019
60x90 / 8 Format
1000 Copies

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

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

There is no publication fee for postgraduate students.

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

- Linar I. Vakhitov, Timur L. Zefirov, Ildar Kh. Vakhitov**
The reaction of the pumping function of the heart of wheelchair basketball players to physical activity, depending on the degree of damage to the musculoskeletal system 5
- Alexander A. Grushin, Irina E. Zelenkova, Elena N. Dudnik, Oleg S. Glazachev, Sergey V. Zotkin, Pavel V. Korneev, Sergey V. Koprov, Dmitry Kh. Almyashev**
Assessment of the oxidative-antioxidant status and aerobic performance of elite skiers-racers in the dynamics of training cycle at moderate altitude 11
- H.G. Knuttgen**
Quantification and description of physical work performance 21
- Alexander B. Miroshnikov, Vasily V. Volkov, Andrey V. Smolensky**
The effect of high-intensity interval training on hypertrophy, strength and oxidative capacity of active muscles in power sports athletes: a cross-sectional study. 25

Biomedical Technologies

- Michael P. Potapnev, Gennady M. Zagorodny, Svetlana I. Krivenko, Vasily G. Bogdan, Anton O. Svirsky, Andrei S. Yasyukevich, Vadim I. Asaevich, Dmitry V. Bukach, Oleg L. Eismont**
Modern aspects of the use of plasma enriched in soluble platelet factors in the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system 33

Sports Diseases

- Yury A. Grebennikov, Natalia D. Golberg**
Dental status of persons engaged in sports swimming 46

Sports Pharmacology

- Andrey V. Voronkov, Anastasia D. Gerashchenko, Tatyana. A. Lysenko, Elena E. Zatsepina, Arkady. V. Arlt**
Influence of ATACL compounds on some biochemical indicators in conditions of exhausting exercise in animals. 55

Sports Psychology

- Sergey I. Barshak, Aleksandra E. Igolkina, Kirill S. Nazarov, Igor N. Mitin, Sergey A. Parastayev, Andrey V. Zholinskiy**
Revisiting the need for optimization of psychological interventions in the medical service system for elite athletes. 60

Rehabilitation

- Anna V. Snigireva, Sergei M. Noskov, Alina A. Lavruchina**
The problem of osteoarthritis of the knee joint and running through the prism of magnetic resonance tomography. 67
- Evgeny V. Chumak, Alexandr S. Snigirev, Oleg A. Koshevoy**
Monitoring cases of the use of statodynamic exercises in the postoperative period after meniscectomy highly qualified volleyball players. 74

Sports Medicine News

- Yulia L. Venevtseva, Pavel Yu. Prohorov**
Actual problems in sport medicine: European congress-2019 80
- Irina E. Zelenkova, Danil S. Ilin**
The World Conference on Doping in Sport (4-7 November, Katowice, Poland) 83

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



DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.5

УДК: 612.146.4

Реакция насосной функции сердца баскетболистов-колясочников на физическую нагрузку в зависимости от степени поражения опорно-двигательного аппарата

Л.И. Вахитов, Т.Л. Зефилов, И.Х. Вахитов

*ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Министерство науки и высшего образования РФ, Казань, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить реакцию насосной функции сердца спортсменов с ограниченными возможностями здоровья на стандартную мышечную нагрузку. **Материалы и методы:** обследованы 20 игроков мужской баскетбольной команды на колясках в возрасте от 21 до 30 лет, которые были условно разделены на две группы. I группа – баскетболисты-колясочники с ампутированными нижними конечностями. II группа – спортсмены с поражением позвоночника и атрофией нижних конечностей. Сравнительный анализ показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС) и ударного объема крови (УОК) осуществлен в покое и после выполнения мышечной нагрузки. **Результаты:** в I группе показатели ЧСС в покое достоверно оказались выше, чем во II группе. Если спортсмены I группы при выполнении мышечной нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением ЧСС до 155,4 уд/мин, то спортсмены II группы на такую же нагрузку реагировали увеличением ЧСС до 171,5 уд/мин. Разница составила 16,1 уд/мин ($p < 0,05$). У баскетболистов-колясочников реакция ЧСС зависит от характера поражения опорно-двигательного аппарата. Наиболее выраженная реакция ЧСС на выполнение мышечной нагрузки выявлена у спортсменов с атрофией нижних конечностей. У баскетболистов I группы показатели ударного объема крови в покое оказались достоверно ниже, чем у баскетболистов II группы. Спортсмены I группы при выполнении физической нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением УОК до $85,4 \pm 2,0$ мл, тогда как спортсмены II группы на такую же нагрузку реагировали увеличением УОК лишь до $78,4 \pm 1,6$ мл. Разница составила 7,0 мл ($p < 0,05$). У баскетболистов-колясочников реакция УОК на выполнение мышечной нагрузки зависит от характера поражения опорно-двигательного аппарата. У спортсменов I группы результаты реакции УОК оказались несколько лучше, по сравнению со спортсменами II группы. **Выводы:** у баскетболистов-колясочников с ампутированными нижними конечностями показатели ЧСС в покое достоверно выше, а УОК – ниже, чем у спортсменов с поражением позвоночника. У спортсменов с ампутированными нижними конечностями после выполнения физической нагрузки происходят меньшие изменения ЧСС и в большей степени меняются значения УОК. Тогда как у спортсменов с поражением позвоночника наблюдаются меньшие изменения УОК, и в большей мере изменяются показатели ЧСС.

Ключевые слова: баскетболисты-колясочники, мышечная нагрузка, частота сердечных сокращений, ударный объем крови, восстановительный период, реакция насосной функции сердца

Для цитирования: Вахитов Л.И., Зефилов Т.Л., Вахитов И.Х. Реакция насосной функции сердца баскетболистов-колясочников на физическую нагрузку в зависимости от степени поражения опорно-двигательного аппарата // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 5-10. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.5.

The reaction of the pumping function of the heart of wheelchair basketball players to physical activity, depending on the degree of damage to the musculoskeletal system

Linar I. Vakhitov, Timur L. Zefirov, Ildar Kh. Vakhitov

Kazan Federal University, Kazan, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the response of the pumping function of the heart of athletes with disabilities to standard muscle load. **Materials and methods:** the total number of examined athletes was 20 males aged 21 to 30 years. The athletes of the basketball team in wheelchairs were conditionally divided into two groups. The first group consists of wheelchair basketball players with amputated lower extremities. The second group is athletes with spinal lesions and atrophy of the lower extremities. A comparative analysis of heart rate and stroke volume was carried out at rest and after muscle load. **Results:** it can be argued that in basketball players with amputated lower extremities, heart rates at rest, according to our data, were significantly higher than in basketball players with atrophy of the lower extremities. It should also be noted that if athletes with amputated lower extremities, when performing a muscle load in the form of shuttle acceleration along the perimeter of the site, responded by increasing heart rate to 155,4 bpm, then athletes with atrophy of the lower extremities responded to the same load by increasing heart rate to 171,5 bpm. The difference was 16,1 beats/min ($p < 0,05$). Therefore, it can

be argued that in basketball players – wheelchairs, the reaction of heart rate depends on the nature of the defeat of the musculoskeletal system. The most pronounced reaction of heart rate to the performance of muscle load was revealed by us in wheelchair basketball players with atrophy of the lower extremities. In basketball players with amputated lower extremities, indicators of shock volume of blood at rest were significantly lower than in basketball players with atrophy of the lower extremities. At the same time, it should be emphasized that athletes with amputated lower extremities, when performing physical activity in the form of shuttle acceleration along the perimeter of the site, responded with an increase in SVC to $85,4 \pm 2,0$ ml, while athletes with atrophy of the lower limbs reacted to the same load with an increase in CRI only up to $78,4 \pm 1,6$ ml. The difference was 7,0 ml ($p < 0,05$). Consequently, it can be argued that in basketball players – wheelchairs, the reaction of the UOC to the performance of muscle load depends on the nature of the damage to the musculoskeletal system. According to our data, in athletes with amputations of the lower extremities, the results of the KLA reaction were slightly better compared to athletes with atrophy of the lower extremities. **Conclusions:** it was found that in wheelchair basketball players with amputated lower extremities, heart rates at rest were significantly higher, and CRI was lower than in athletes with spinal injuries. It was revealed that in wheelchair basketball players with amputated lower extremities after performing physical activity, smaller changes in the heart rate occur and the impact volume of the blood changes to a greater extent. Whereas, in athletes with spinal cord lesions, lesser changes in stroke volume are observed and heart rate indicators are more likely to change.

Key words: wheelchair basketball players, muscle load, heart rate, stroke volume of blood, recovery period, reaction of pumping function of the heart

For citation: Vakhitov LI, Zefirov TL, Vakhitov IKh. The reaction of the pumping function of the heart of wheelchair basketball players to physical activity, depending on the degree of damage to the musculoskeletal system. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2019;9(4):5-10. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.5.

1. Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), число инвалидов составляет более 500 млн человек. Задача медицины состоит не только в заботе об их здоровье, но и в восстановлении работоспособности. Многолетняя отечественная и зарубежная практика работы с инвалидами свидетельствует о высокой эффективности спорта в системе их реабилитации [1, 2-5]. Игры на занятиях с больными положительно влияют на их психоэмоциональную и психофизиологическую сферу, повышают общий тонус. Между тем спортивные игры всегда носят состязательный характер, как и спорт вообще. В этой связи L. Guttman (1960) был инициатором организации первых Олимпийских игр лиц с паралимпией (Паралимпийские игры), которые с тех пор проводятся каждые 4 года. Постоянно возрастающие нормы к уровню физической подготовленности спортсменов с ограниченными возможностями здоровья на наш взгляд требуют учета как индивидуальных особенностей организма спортсмена, так и особенностей поражений опорно-двигательного аппарата. Под влиянием интенсивных спортивных тренировок у спортсменов-инвалидов происходит формирование механизмов адаптации и компенсации серьезных врожденных или приобретенных патологий. При этом механизмы срочной и долговременной адаптации спортсменов-инвалидов к систематическим мышечным тренировкам остаются не достаточно выясненными.

Из немногочисленных исследований, характеризующих паралимпийцев с поражениями опорно-двигательного аппарата, лишь единицы посвящены баскетболу на колясках и в основном направлены лишь на совершенствование тренировочного процесса [6, 7]. Баскетбол на колясках является разновидностью игры, при которой участники могут перемещаться, используя коляски. Такой вид спорта оказывает психологическую адаптацию (волевая мобилизация и деятельность) для человека, который получил повреждение опорно-двигательного аппарата. А также он представляет собой физическую реабилитацию, позволяющую восстановить потерянную функциональную деятельность. При этом способ-

ствует выработыванию компенсаторных механизмов. Атлеты, входящие в состав баскетбольной команды на колясках, имеют разные причины инвалидности, характер и выраженность ограничения жизнедеятельности. Спортсмены с последствиями травм или заболеваний спинного мозга при выполнении технических действий используют чаще всего только верхний плечевой пояс или свободные конечности, в зависимости от уровня и степени поражения могут участвовать и ограниченное количество мышц спины и живота. Атлеты, имеющие инвалидность вследствие нарушения развития, в частности детского церебрального паралича (ДЦП), демонстрируют разбалансированный мышечный тонус, рефлексы и действия на фоне отставания в росте. Лица с различными поражениями опорно-двигательного аппарата имеют отличающиеся морфофункциональные и психофизиологические показатели, которые недостаточно исследованы. Значительный интерес у исследователей вызывает изучение закономерностей изменения насосной функции сердца при систематических мышечных тренировках [8-13]. При оценке сократительных свойств миокарда у больных с культями нижних конечностей и атрофией следует иметь в виду, что нормальное состояние фазовой структуры систолы у этого контингента отличается от общепринятой нормы для здоровых людей.

Систематические мышечные тренировки предъявляют значительные требования к организму спортсменов, в том числе с ограниченными физическими возможностями [14-21]. При этом количество работ, посвященных изучению функциональных возможностей организма баскетболистов на колясках, крайне ограничено. Более того, в доступной литературе редко встречаются работы, посвященные изучению функциональных показателей спортсменов-инвалидов с различными травмами при мышечных тренировках.

Цель исследования

Изучение особенностей изменения насосной функции сердца баскетболистов-колясочников после выполнения мышечной нагрузки.

Задачи исследования:

1. Изучить частоту сердечных сокращений (ЧСС) и ударного объема крови (УОК) в покое спортсменов-инвалидов с различными травмами нижних конечностей.

2. Проанализировать особенности реакции ЧСС и УОК при выполнении мышечной нагрузки в зависимости от степени поражения нижних конечностей.

2. Материалы и методы

2.1. Пациенты

Обследованы 20 спортсменов-мужчин с ограниченными возможностями здоровья баскетбольной команды «Крылья Барса» в возрасте от 21 до 30 лет (средний возраст – 24±3 года). Спортсмены разделены на две группы: в I группе – спортсмены с ампутированными нижними конечностями (9 человек); II группа – 11 спортсменов с поражением позвоночника и атрофией нижних конечностей. В два этапа изучали показатели насосной функции сердца (НФС). На первом этапе исследовали показатели НФС в покое. На втором этапе спортсмены выполняли мышечную нагрузку в виде челночного ускорения в течение 3 мин по периметру баскетбольной площадки. Оценивали показатели ЧСС и УОК. Для оценки достоверности различий использовали стандартные значения t-критерия Стьюдента.

2.2. Методика регистрации реограммы

Среди реографических методов определения ЧСС наибольшее распространение получил метод тетраполярной грудной реографии по Кубичеку [22] в различных модификациях. Неинвазивный характер метода, его простота и доступность для практического применения делают его одним из наиболее перспективных методов определения ЧСС.

Электроды накладываются согласно схеме; 2 токовых электрода: первый – на голову в области лба, второй – на голень выше голеностопного сустава, 2 измерительных электрода: первый – в области шеи на уровне 7-го шейного позвонка, второй – в области грудной клетки на уровне мечевидного отростка.

В комплексе «Реодин-500» в качестве базовой медицинской методики использована грудная тетраполярная реография. Основными достоинствами метода явля-

ются высокая информативность, полная безопасность для пациента, возможность непрерывного длительного контроля и т. д. Реоприставка для компьютерного анализа РПКА 2-01 ТУ 9442-002-00271802-95 предназначен для работы в составе аппаратно-программных комплексов медицинского назначения. Прибор рекомендован к применению в медицинской практике Комитетом по новой медицинской технике МЗ РФ (протокол №5 от 13.06.2015). Сертификат соответствия РОСС RU. 0001.11ИМО2 №3434630.

3. Результаты и их обсуждение

У спортсменов I группы ЧСС в покое составила 84,5±1,8 уд/мин. По завершении физической нагрузки в течение 3 мин показатели ЧСС составили 155,4±2,1 уд/мин, что на 70,9 уд/мин больше по сравнению с показателями ЧСС зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки (p<0,05). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у спортсменов I группы ЧСС увеличилась примерно в 1,8 раза по сравнению с исходными данными.

Во II группе ЧСС в покое составила 75,7±2,1 уд/мин. По завершении физической нагрузки в виде ускорения по периметру баскетбольной площадки в течение 3 мин показатели ЧСС составили 171,5±2,0 уд/мин. Данная величина на 95,8 уд/мин оказалась больше по сравнению с показателями ЧСС, зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки (p<0,05). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у баскетболистов с атрофированными нижними конечностями ЧСС увеличилась примерно в 2,2 раза по сравнению с исходными данными (p<0,05).

Таким образом, у баскетболистов I группы показатели ЧСС в покое достоверно выше, чем во II группе. Если спортсмены I группы при выполнении мышечной нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением ЧСС до 155,4 уд/мин, то спортсмены II группы на такую же нагрузку реагировали увеличением ЧСС до 171,5 уд/мин. Разница составила 16,1 уд/мин (p<0,05). У баскетболистов-колясочников реакция ЧСС зависит от характера поражения опорно-

Таблица 1

Показатели ЧСС (уд/мин) спортсменов в покое и при выполнении мышечной нагрузки

Table 1

Heart rate indicators (heartbeats per minute) of basketball players – wheelchairs at rest and while performing muscle load

Группа спортсменов / Group of athletes	ЧСС в покое / Heart rate at rest	ЧСС при выполнении мышечной нагрузки / Heart rate when performing a muscle work
I группа / I group	84,5±1,8	155,4±2,1*
II группа / II group	75,7±2,1	171,5±2,0*

Примечание: * – разница достоверна по сравнению с предыдущим значением (p<0,05)

Note: * – the difference is significant compared to the previous value (p<0,05)

двигательного аппарата. Наиболее выраженная реакция ЧСС на выполнение мышечной нагрузки выявлена у баскетболистов-колясочников с атрофией нижних конечностей.

Ударный объем крови (УОК) регистрировали в покое и при выполнении мышечной нагрузки. УОК у спортсменов I группы в покое составил $45,7 \pm 1,9$ мл. После выполнения физической нагрузки УОК увеличился до $85,4 \pm 1,7$ мл. Данная величина на $39,7$ мл оказалась больше по сравнению с показателями УОК зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки ($p < 0,05$). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у спортсменов I группы систолический объем крови отреагировал увеличением примерно в 2 раза по сравнению с исходными данными.

Во II группе УОК в покое составил $57,5 \pm 2,1$ мл. После выполнения физической нагрузки в виде ускорения по периметру баскетбольной площадки показатели УОК увеличились до $78,4 \pm 1,6$ мл. Данная величина на $20,9$ мл оказалась больше по сравнению с показателями УОК, зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки ($p < 0,05$). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у баскетболистов II группы УОК отреагировал увеличением примерно в 1,3 раза по сравнению с исходными данными ($p < 0,05$).

Таким образом, у баскетболистов I группы показатели УОК в покое оказались достоверно ниже, чем у баскетболистов II группы. Спортсмены I группы при выполнении физической нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением УОК до $85,4 \pm 2,0$ мл, тогда как спортсмены II группы на такую же нагрузку реагировали увеличением УОК лишь до $78,4 \pm 1,6$ мл. Разница составила $7,0$ мл ($p < 0,05$). Следовательно, у баскетболистов-колясочников реакция УОК на выполнение мышечной нагрузки зависит от характера поражения опорно-двигательного аппарата. У спортсменов с ампутациями нижних конечностей результаты реакции УОК оказались несколько лучше по сравнению со спортсменами с атрофией нижних конечностей.

4. Выводы

У баскетболистов-колясочников с различными травмами при выполнении мышечной нагрузки и в процессе восстановления выявили следующие особенности:

– у баскетболистов с ампутированными нижними конечностями показатели ЧСС в покое оказались достоверно выше, а УОК ниже, чем у баскетболистов с атрофией ног;

– баскетболисты с ампутированными нижними конечностями на мышечную нагрузку реагируют меньшей реакцией ЧСС, чем спортсмены с атрофированными нижними конечностями. Так, если спортсмены с ампутированными нижними конечностями при выполнении мышечной нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением ЧСС до $155,4$ уд/мин, то спортсмены с атрофией нижних конечностей на такую же нагрузку реагировали увеличением ЧСС до $171,5$ уд/мин. Разница составила $16,1$ уд/мин ($p < 0,05$).

– баскетболисты с ампутированными нижними конечностями на мышечную нагрузку реагируют большей реакцией УОК, чем спортсмены с атрофированными нижними конечностями. Так, если спортсмены с ампутированными нижними конечностями при выполнении мышечной нагрузки в виде челночного ускорения по периметру площадки отреагировали увеличением УОК до $85,4$ мл, то спортсмены с атрофией нижних конечностей на такую же нагрузку реагировали увеличением УОК лишь до $78,4$ мл. Разница составила $7,0$ мл ($p < 0,05$).

Таким образом, у баскетболистов-колясочников реакция ЧСС и УОК на выполнение мышечной нагрузки зависит от характера травм спортсменов. Спортсмены с ампутированными нижними конечностями на выполнение мышечной нагрузки в большей мере реагируют изменениями УОК, чем ЧСС. У спортсменов с атрофией нижних конечностей эти результаты были несколько ниже.

Следовательно, при планировании и проведении самих тренировочных занятий тренерам необходимо учитывать эти физиологические особенности и вносить определенные коррективы в процесс спортивной подготовки баскетболистов-колясочников.

Таблица 2

Показатели УОК (мл) спортсменов в покое и при выполнении мышечной нагрузки

Table 2

The indicators of the cardiac stroke volume (ml) athletes – wheelchairs at rest and while performing muscle load

Группа спортсменов / Group of athletes	УОК в покое / Cardiac stroke volume at rest	УОК при выполнении мышечной нагрузки / Cardiac stroke volume when performing a muscle work
I группа / I group	$45,7 \pm 1,9$	$85,4 \pm 1,7^*$
II группа / II group	$57,5 \pm 2,1$	$78,4 \pm 1,6^*$

Примечание: * – разница достоверна по сравнению с предыдущим значением ($p < 0,05$).

Note: * – the difference is significant compared to the previous value ($p < 0,05$).

Повышенная ЧСС в покое у спортсменов с ампутированными конечностями объясняется постоянной специфической нагрузкой, связанной с ежедневной ходьбой. Устойчивая гиперциркуляция, очевидно, является следствием повышения тонуса симпатoadренальной системы. Устойчивая адаптация системы кровообращения к специфической нагрузке, связанной с ходьбой на протезах. В литературных источниках так же имеются сведения о том, что у лиц с ампутированными нижними конечностями наблюдается растормаживание симпатических механизмов и увеличение вазоконстрикторных

адренергических влияний, что приводит к изменениям ЧСС в сторону тахикардии [3].

1. У баскетболистов с ампутированными нижними конечностями показатели ЧСС в покое достоверно выше, а УОК ниже, чем у баскетболистов с атрофией нижних конечностей.

2. Спортсмены с ампутированными нижними конечностями на выполнение мышечной нагрузки в большей мере реагируют изменением УОК, чем ЧСС.

3. Спортсмены с атрофией нижних конечностей на мышечную нагрузку реагируют большими изменениями ЧСС и меньшей реакцией УОК.

Список литературы

1. Брюховецкий А.С. Травма спинного мозга: клеточные технологии в лечении и реабилитации. М: Практическая медицина, 2010. 341 с.
2. Бегидова Т.П., Пушкин С.А., Бармин Г.В., Акиндинова Е.В. Занятия адаптивным спортом в реабилитации лиц с ограниченными возможностями // Культура физическая и здоровье. 2013. №5 (47). С. 99-105.
3. Ternovoy KS, Romanchuk AP, Sorokin MY, Pankova NB. Characteristics of the functioning of the cardio-respiratory system and autonomic regulation in para-athletes with spinal injury. *Human Physiology*. 2012. V.38, №4. P. 410-415. DOI: 10.1134/S0362119712040147.
4. Bombardier CH, Richards JS, Krause JS. Symptoms of major depression in people with spinal cord injury: Implications for screening // *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004. Vol.85, №11. P. 1749-1756. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.07.348
5. Chung MC., Yeung SS, Wong AYL, Lam IF, Tse PTF, Daswani D, Lee R. Musculoskeletal injuries in elite able-bodied and wheelchair foil fencers – a pilot study // *Clin J Sport Med*. 2012. Vol.22 (3). P. 278-80. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31824a577e.
6. Cavedon V, Zancanaro C, Milanese C. Anthropometry, Body Composition, and Performance in Sport-Specific Field Test in Female Wheelchair Basketball Players // *Front Physiol*. 2018, May 30. Vol.9. P. 568. DOI: 10.3389/fphys.2018.00568.
7. Cooper RA, Tuakli-Wosornu YA, Henderson GV, Quinby E, Dicianno BE, Tsang K, Ding D, Cooper R, Crytzer TM, Koontz AM, Rice I, Bleakney AW. Engineering and Technology in Wheelchair Sport // *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2018 May. Vol.29 (2). P. 347-369. DOI:10.1016/j.pmr.2018.01.013.
8. Dutton RA. Medical and Musculoskeletal Concerns for the Wheelchair Athlete: A Review of Preventative Strategies // *Curr Sports Med ReP*. 2019. Vol.18 (1). P. 9-16. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000560.
9. Gioia M. Psychological impact of sports activity in spinal cord injury patients // *Scand J Med Sci Sports*. 2006. Vol.16 (6). P. 412. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00518.x.
10. Вахитов Л.И., Зефиров Т.Л., Вахитов И.Х. Влияние мышечных нагрузок на насосную функцию сердца баскетболистов-колясочников // *Дневник Казанской медицинской школы*. 2019. №1. С. 42-46.
11. Захарина Е. Предпосылки возникновения и противоречия в функционировании современного адаптивного спорта // *Физическое воспитание, спорт и культура здоровья в современном обществе*. 2015. №4 (32). С. 201-205.
12. Евсеев С.П., Евсеева О.Э. Теоретические проблемы адаптивного спорта на современном этапе // *Культура физическая и здоровье*. 2015. №4 (55). С. 78-83.

References

1. Bryukhovetsky AS. Travma spinnogo mozga: kletochnye tekhnologii v lechenii i reabilitatsii. Moscow, Prakticheskaya meditsina (practical medicine), 2010. 341 p. Russian.
2. Begidova TP, Pushkin SA, Barmin GV. Doing adapted sports in rehabilitation for the disabled. *Physical culture and health*. 2013;5(47):99-105. Russian.
3. Ternovoy KS, Romanchuk AP, Sorokin MY, Pankova NB. Characteristics of the functioning of the cardio-respiratory system and autonomic regulation in para-athletes with spinal injury. *Human Physiology*. 2012;38(4):410-415. DOI: 10.1134/S0362119712040147.
4. Bombardier CH, Richards JS, Krause JS. Symptoms of major depression in people with spinal cord injury: Implications for screening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(11):1749-1756. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.07.348.
5. Chung MC., Yeung SS, Wong AYL, Lam IF, Tse PTF, Daswani D, Lee R. Musculoskeletal injuries in elite able-bodied and wheelchair foil fencers – a pilot study. *Clin J Sport Med*. 2012;22(3):278-280. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31824a577e.
6. Cavedon V, Zancanaro C, Milanese C. Anthropometry, Body Composition, and Performance in Sport-Specific Field Test in Female Wheelchair Basketball Players. *Front Physiol*. 2018;30:9:568. DOI: 10.3389/fphys.2018.00568.
7. Cooper RA, Tuakli-Wosornu YA, Henderson GV, Quinby E, Dicianno BE, Tsang K, Ding D, Cooper R, Crytzer TM, Koontz AM, Rice I, Bleakney AW. Engineering and Technology in Wheelchair Sport. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2018;29(2):347-369. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.01.013.
8. Dutton RA. Medical and Musculoskeletal Concerns for the Wheelchair Athlete: A Review of Preventative Strategies. *Curr Sports Med Rep*. 2019;18(1):9-16. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000560.
9. Gioia M., Cerasa A., Lucente LDi, Brunelli S, Castellano, Trallesi M. Psychological impact of sports activity in spinal cord injury patients. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(6):412-6. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00518.x.
10. Vakhitov LI, Zefirov TL, Vakhitov IKh. Influence of muscle loads on the pumping function of the heart of wheelchair basketball players. *Dnevnik Kazanskoi medicinskoj shcholy*. 2019;1:42-46. Russian.
11. Zaharina E. Premises of Origin and Contradictions in the Functioning of Modern Adaptive Sport. *Physical Education, Sport and Health Culture in Modern Society*, 2015;4(32):201-205.
12. Evseev SP, Evseeva OE. Theoretical problems adaptivnogo sport at the present stage. *Physical culture and health*. 2015;4(55):78-83.

13. **Malec J, Neimeyer R.** Psychologic prediction of duration of inpatient spinal cord injury rehabilitation and performance of self-care // Arch Phys Med Rehabil. 1983. №64 (8). P. 359-363.

14. **Kalpakjian CZ, Bombardier CH, Schomer K, Brown PA, Johnson KL.** Measuring depression in persons with spinal cord injury: a systematic review // J Spinal Cord Med. 2009. Vol.32 (1). P. 6-24. DOI: 10.1080/10790268.2009.11760748.

15. **Toresdahl BG, Blauwet C, Chang CJ, Ling DI, Asif IM.** Cardiovascular screening of Paralympic athletes reported by chief medical officers of the Pyeong Chang 2018 Paralympic Winter Games // Br J Sports Med. 2019 Jan. Vol.53 (1). P. 43-44. DOI: 10.1136/1136/bjsports-2018-099708.

16. **Ungerer G.** Classification in para sport for athletes following cervical spine trauma // Handb Clin Neurol. 2018. Vol.158. P. 371-377. DOI: 10.1016/B978-0-444-63954-7.00035-5.

17. **Izosimova AV, Vakhitov IH, Zefirov TL.** Catecholamine Excretion in Individuals Engaged in Extreme Sports // INDO American Journal of Pharmaceutical sciences. 2017. Vol.4 (9). P. 3040-3043.

18. **Vakhitov IKh, Zefirov TL, Vakhitov BI.** Changes of blood shock volume among the children with hypokinesia // Drug Invention Today. 2018. Vol.10, Special Issue 3. P. 3197-3199.

19. **Vakhitov IKh, Vakhitov BI, Volkov AH, Chinkin SS.** Peculiarities of heartbeat rate and stroke volume of blood negative phase manifestation among young sportsmen after muscular load // Journal of Pharmacy Research. 2017, Vol.11, P. 1198-1200.

20. **Шендеров Б.А.** Роль митохондрий в профилактической, восстановительной и спортивной медицине // Вестник восстановительной медицины. 2018. №1 (83). С. 21-31.

21. **Ачкасов Е.Е., Литвиненко А.С., Куршев В.В.** Ударно-волновая терапия при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата, обусловленных занятием спортом // Вестник восстановительной медицины. 2015. №1 (65). С. 42-50.

22. **Kubiczek WG, Kamegis JW, Patterson RP, Witsoe DA, Mattson RH.** Development and evaluation of an impedance cardiac output system // Aerospace Med. 1966. Vol.37. P. 1208-1212.

13. **Malec J, Neimeyer R.** Psychologic prediction of duration of inpatient spinal cord injury rehabilitation and performance of self-care. Arch Phys Med Rehabil. 1983;64(8):359-363.

14. **Kalpakjian CZ, Bombardier CH, Schomer K, Brown PA, Johnson KL.** Measuring depression in persons with spinal cord injury: a systematic review. J Spinal Cord Med. 2009;32(1):6-24. DOI: 10.1080/10790268.2009.11760748.

15. **Toresdahl BG, Blauwet C, Chang CJ, Ling DI, Asif IM.** Cardiovascular screening of Paralympic athletes reported by chief medical officers of the Pyeong Chang 2018 Paralympic Winter Games. Br J Sports Med. 2019;53(1):43-44. DOI: 10.1136/1136/bjsports-2018-099708.

16. **Ungerer G.** Classification in para sport for athletes following cervical spine trauma. Handb Clin Neurol. 2018;158:371-377. DOI: 10.1016/B978-0-444-63954-7.00035-5.

17. **Izosimova AV, Vakhitov IH, Zefirov TL.** Catecholamine Excretion in Individuals Engaged in Extreme Sports, Indo Am. J. P. Sci, 2017;4(9):3040-3043.

18. **VakhitovIKh, Zefirov TL, Vakhitov BI.** Changes of blood shock volume among the children with hypokinesia. Drug Invention Today. 2018;10(3):3197-3199.

19. **Vakhitov IKh, Vakhitov BI, Volkov AH, Chinkin SS.** Peculiarities of heartbeat rate and stroke volume of blood negative phase manifestation among young sportsmen after muscular load. Journal of Pharmacy Research. 2017;11:1198-1200.

20. **Shenderov BA.** Role of mitochondria in preventive, restorative and sports medicine. Bulletin of rehabilitation medicine. 2018;1(83):21-31. Russian.

21. **Achkasov EE, Litvinenko AS, Kurshev VV.** Shockwave therapy in diseases and injuries of the musculoskeletal system due sports. Bulletin of rehabilitation medicine. 2015;1(65):42-50. Russian.

22. **Kubiczek WG, Kamegis JW, Patterson RP, Witsoe DA, Mattson RH.** Development and evaluation of an impedance cardiac output system. Aerospace Med. 1967;37(12):1208-1212.

Информация об авторах:

Вахитов Линар Илдарович, аспирант кафедры охраны здоровья человека Института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет Минобрнауки России. ORCID ID: 0000-0001-7843-5694 (+7 (951) 06-56-085, linar_1993@bk.ru)

Зефирова Тимур Львович, заведующий кафедрой охраны здоровья человека института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет Минобрнауки России, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-5091-7672

Вахитов Илдар Хатыбович, профессор кафедры охраны здоровья человека института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет Минобрнауки России проф., д.б.н. ORCID ID: 0000-0001-8154-9182

Information about the authors:

Linar I. Vakhitov, Postgraduate student of the Department of Human Health, Institute of Fundamental Medicine and Biology of the Kazan Federal University. ORCID ID:0000-0001-7843-5694 (+7 (951) 06-56-085, linar_1993@bk.ru)

Timur L. Zefirov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Human Health, Institute of Fundamental Medicine and Biology of the Kazan Federal University. ORCID ID: 0000-0002-5091-7672

Ildar Kh. Vakhitov, D.Sc. (Biology), Prof., Professor of the Department of Human Health, Institute of Fundamental Medicine and Biology of the Kazan Federal University. ORCID ID: 0000-0001-8154-9182

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 12.09.2019

Принята к публикации: 07.11.2019

Received: 12 September 2019

Accepted: 07 November 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.11

УДК: 796.926

Оценка оксидативно-антиоксидантного статуса и аэробной работоспособности элитных лыжников-гонщиков в динамике тренировок в условиях естественного среднегорья

А.А. Грушин¹, И.Е. Зеленкова¹, О.С. Глазачев², Е.Н. Дудник², С.В. Зоткин¹,
П.В. Корнеев¹, С.В. Копров¹, Д.Х. Альмяшев^{1,3}

¹Олимпийский комитет России, Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Министерство здравоохранения РФ, Москва, Россия

³АНО Центр медико-биологических инноваций, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Технологии адаптации к гипоксии – неотъемлемая часть подготовки квалифицированных спортсменов на различных этапах тренировочно-соревновательного сезона. Одним из ключевых вопросов использования методов дополнительной гипоксической стимуляции является потенциальный риск развития окислительного стресса на фоне сдвигов окислительно-антиоксидантного статуса (ОАС). **Цель исследования:** выявить влияние курса тренировок в условиях естественного среднегорья и последующего периода реадaptации на аэробную работоспособность, экономичность деятельности и окислительно-антиоксидантный баланс у высококвалифицированных лыжников-гонщиков. **Материал и методы.** В исследовании приняли участие 10 высококвалифицированных спортсменов, трижды прошедших комплексное обследование на разных этапах учебно-тренировочных сборов: исходно, после 3-недельных сборов в условиях естественного среднегорья и после 2-недельного сбора на равнине. Каждое комплексное обследование спортсменов включало нагрузочное тредмил-тестирование в условиях нормоксии и умеренной гипоксии с определением спироэргометрических показателей, гемоглобина, гематокрита, общей гемоглобиновой массы, а также параметров ОАС. **Результаты:** тренировки на выносливость в условиях среднегорья приводили к значимому повышению значений общей массы гемоглобина и в отставленном периоде (через 16-18 дней реадaptации) – показателей работоспособности ($VO_2\max$ и $VO_2/ПАНО$), тестируемой как в нормоксии, так и в гипоксии. Не выявлено значимых среднегрупповых изменений показателей оксидативно-антиоксидантного статуса в динамике тестирования профессиональных лыжников. При анализе индивидуальной динамики показателей отмечено, что у большинства спортсменов значения индикатора оксидативного стресса (d-ROM) не выходили за пределы нормативных данных, а показателя общего антиоксидантного потенциала крови находились в зоне повышенных значений на всех этапах тестирования. Как результат, значения интегрального индекса ОАС спортсменов находились в зоне пограничных, несколько повышенных значений. При этом уровень общей активации системы «про-антиоксиданты» коррелировал с приростом аэробной мощности спортсменов. **Выводы:** Параметры ОАС, тестируемые с применением метода FRAS-4 позволяют оценивать динамику ОАС спортсменов, тренирующихся на выносливость в условиях среднегорья.

Ключевые слова: оксидативно-антиоксидантный статус, аэробная работоспособность, тренировки в среднегорье, адаптация к гипоксии

Для цитирования: Грушин А.А., Зеленкова И.Е., Глазачев О.С., Дудник Е.Н., Зоткин С.В., Корнеев П.В., Копров С.В., Альмяшев Д.Х. Оценка оксидативно-антиоксидантного статуса и аэробной работоспособности элитных лыжников-гонщиков в динамике тренировок в условиях естественного среднегорья // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 11-20. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.11.

Assessment of the oxidative-antioxidant status and aerobic performance of elite skiers-racers in the dynamics of training cycle at moderate altitude

Alexander A. Grushin¹, Irina E. Zelenkova¹, Elena N. Dudnik², Oleg S. Glazachev²,
Sergey V. Zotkin¹, Pavel V. Korneev¹, Sergey V. Koprov¹, Dmitry Kh. Almyashev^{1,3}

¹Olympic Committee of Russian Federation, Moscow, Russia

²Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

³ANO «Center of medical-biological innovations», Moscow, Russia

ABSTRACT

Adaptation to hypoxia is an integral part of elite athletes training at various stages of the training and competition season. One of the key issues in the use of additional hypoxic stimulation methods is the potential risk of oxidative stress development and dangerous shifts in oxidative-antioxidant status (OAS). **Objective:** to identify the impact of altitude training and the subsequent period of reacclimatization on exercise performance, aerobic efficiency and oxidative-antioxidant balance of elite skiers-racers. **Materials and Methods:** The study involved 10 highly qualified athletes who

underwent a comprehensive examination three times at different stages of training camps: initially, after 3-week camps in the natural midlands and after a 2-week camp on the plain. Each comprehensive examination included exercise treadmill testing under normoxia and in moderate hypoxia with determination of spiroergometric indicators, measurement of hemoglobin, hematocrit, total hemoglobin mass, as well as OAS parameters. **Results:** Endurance training at moderate altitude led to significant increase in the total hemoglobin mass and with the delay of 16-18 days of reacclimatization – in performance indicators ($VO_2\text{max}$ and VO_2/AT), tested both in normoxia and hypoxia. No significant average group changes in the oxidative-antioxidant status in the dynamics of professional skiers' 3 weeks acclimatization period were revealed. In the analysis of individual indices dynamics it was noted that in the majority of athletes the values of oxidative stress indicator (d-ROM) did not exceed the limits of normative data, and the index of total antioxidant blood potential were in the zone of slightly increased values at all stages of testing. As a result, the values of the OAS integral index of athletes were in the border zone, with several elevated values. At the same time, the level of overall activation of the pro-antioxidant system correlated with the increase in aerobic capacity of athletes. **Conclusions:** The OSA parameters tested using the FRAS-4 method make it possible to evaluate the dynamics of OSA in athletes training for endurance at moderate altitude.

Key words: oxidative-antioxidant status, aerobic capacity, training at moderate altitude, adaptation to hypoxia

For citation: Grushin AA, Zelenkova IE, Dudnik EN, Glazachev OS, Zotkin SV, Korneev PV, Koprov SV, Almyashev DKh. Assessment of the oxidative-antioxidant status and aerobic performance of elite skiers-racers in the dynamics of training cycle at moderate altitude. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2019;9(4):11-20. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.11.

1. Введение

Применение естественных и моделируемых условий гипоксии в последние 3 декады становится неотъемлемой технологией подготовки квалифицированных спортсменов на различных этапах тренировочно-соревновательного сезона [1, 2]. Выявлены гематологические (гипоксией-индуцированная стимуляция продукции эритропоэтина, общей массы гемоглобина, объема циркулирующей крови и, как результат, кислородной емкости крови) и негематологические (повышение буферной емкости крови и скелетных мышц, стимуляция ангиогенеза, гликолитической активности, утилизации липидов, глюкозы, систем антиоксидантной защиты, биоэнергетической эффективности митохондриальной дыхательной цепи и др.) механизмы адаптации к длительной, умеренной (акклиматизация) или периодической, интервальной гипоксии [3, 4]. Разработаны дифференцированные режимы интервальных гипоксических стимуляций для спортсменов, тренирующихся на выносливость, игровых видов спорта и атлетов, выполняющих «гликолитические» нагрузки, отличающиеся не только интенсивностью и длительностью гипоксических экспозиций, но и разным (одномоментным или последовательным) сочетанием спортивных и гипоксических тренировок.

В последние годы наиболее эффективным режимом повышения спортивных результатов у элитных атлетов считаются интервальные высокоинтенсивные тренировки в гипоксической газовой среде [1]. Но такой режим требует очень тщательного индивидуального подхода к дозированию спортивных нагрузок, поскольку сочетание тканевой гипоксии физических упражнений и гипоксической гипоксии приводит к значимым нарушениям кислородного гомеостаза, индукции оксидативного стресса (ОС), дисбалансу общего редокс-потенциала, что может негативно влиять на сократительные свойства мышц, скоростно-силовые характеристики, работоспособность, спортивные результаты и состояние здоровья атлетов. В этом плане более «щадящим» является режим «жить в горах – тренироваться на равнине» (Live High – Train Low, LHTL), при котором дневные спортивные тренировки и гипоксическая стимуляция (сон в гипоксических па-

латках) разнесены по времени, что не требует снижения интенсивности и объема тренировок [5, 6].

На начальных же этапах тренировочно-соревновательного сезона, особенно для атлетов, тренирующихся на выносливость, по мнению большинства специалистов, достаточно эффективным является режим акклиматизации в естественных условиях среднегорья – «жить и тренироваться на высоте» (Live High – Train High, LHTH) [1, 7]. В то же время, эффективность и безопасность для здоровья атлетов режимов LHTL и LHTH дискутируется, что, очевидно, определяется разными подходами к их применению (эффективной пороговой «дозой» гипоксии для запуска гематологических сдвигов считается сон на «высоте» 2000 м и более в течение 3 недель), разными квалификацией, спортивной специализацией и уровнями подготовки спортсменов [3, 8].

Противоречивы также и данные относительно сдвигов окислительно-антиоксидантного статуса (ОАС) спортсменов, тренирующихся на выносливость в режиме как в условиях естественного среднегорья, так и при LHTL. Так, в ряде работ показано, что 18-21-дневный режим тренировок в сочетании с LHTL приводит к усилению ОС и снижает антиоксидантный потенциал у элитных легкоатлетов и триатлетов [9], а также лыжников-гонщиков [10] с сохранением сниженной мощности антиоксидантных систем в течение 2 недель после завершения сборов [10], что может быть одной из причин (или следствием) развития синдрома перетренированности [11-13]. Причем индикаторы ОС выражены в большей степени при адаптации спортсменов к гипобарической гипоксии в сравнении с аналогичным режимом гипоксии, индуцируемой в нормобарических условиях, что частично объясняется более выраженной степенью гипоксемии и относительным ацидозом, развивающимся в условиях гипобарии [9]. В других, менее продолжительных исследованиях не выявлено сдвигов ОАС у элитных пловцов после курса тренировок в сочетании с нормобарическим режимом LHTL [14]. Обобщение известных данных позволяет предполагать, что учебно-тренировочные сборы в условиях среднегорья (гипобарическая гипоксия – LHTH) или при интервальном моделировании гипоксии (LHTL) могут смещать

уровень ОС, причем эти влияния зависят от суммарной «дозы» гипоксии и интенсивности тренировочных нагрузок, а их оценка затруднена разными подходами и используемыми индикаторами оценки ОАС.

Цель настоящей работы – оценить влияние курса тренировок в условиях естественного среднегорья и последующего периода реадaptации на аэробную работоспособность, экономичность деятельности и окислительно-антиоксидантный баланс у высококвалифицированных лыжников-гонщиков.

2. Материалы и методы

В исследовании приняли участие 10 высококвалифицированных спортсменов-лыжников (разряды кандидат в мастера спорта (КМС) и мастер спорта (МС), средний возраст $18,7 \pm 2,1$ лет, масса тела $68 \pm 5,2$ кг, длина тела $177,2 \pm 3,8$ см), трижды прошедшие комплексное обследование на разных этапах учебно-тренировочных сборов (УТС), организованных на начальном, базовом этапе тренировочно-соревновательного сезона.

После исходного тестирования (этап Т1) спортсмены прошли трехнедельный цикл тренировок в условиях естественного среднегорья (база Бельмекен, Болгария, высота 1850 м над уровнем моря), общее время тренировок за этот период составило 89,5 часа, при этом 70% времени было отведено на интенсивные беговые нагрузки (кроссы, лыжероллеры). По завершении цикла лыжники прошли повторное комплексное тестирования (этап Т2) и на следующий день отбыли на 2-недельный сбор на равнине (Раубичи, Белоруссия), где тренировались в более интенсивном режиме (время тренировок 73 часа, 80% – беговые нагрузки). По завершении второго сбора через 4-5 дней все спортсмены прошли третье тестирование (этап Т3).

Каждое комплексное тестирование проводилось на уровне моря и включало проведение нагрузочного тестирования до отказа в условиях нормоксии и повторно на следующий день – в условиях моделируемой нормобарической гипоксии, эквивалентной высоте 1500 м (тест выполнялся на том же оборудовании в гипоксическом тенте, модель Everest Summit II, производства Nuroxico, США), определение показателей гемоглобина, гематокрита, общей гемоглобиновой массы, параметров ОАС. Все исследования и процедуры проводились в утренние часы (10-00–12-00 ч), через 1.5–2 ч после приема пищи.

Тест со ступенчато нарастающей нагрузкой до отказа проводили на тредмиле с использованием газоанализатора Cortex Metalyser 3B-R2 (Германия) по следующему протоколу: скорость бега увеличивалась каждые 2 минуты на 2 км/ч, начиная с 5 км/ч. угол наклона дорожки – 5%. Начиная с 1-й минуты исходного состояния и вплоть до окончания трехминутного восстановительного периода регистрировались в непрерывном режиме параметры легочного газообмена, частота сердечных сокращений (ЧСС), насыщение артериальной крови кислородом (SpO_2). В исходном состоянии, за 30 секунд до окончания каждой ступеньки и в конце 3-й минуты вос-

становительного периода из безымянного пальца левой кисти проводили забор капиллярной крови для определения концентрации лактата (фотометрический анализатор BTS-350 фирмы BioSystems (Испания).

Концентрацию гемоглобина и гематокрит определяли непосредственно до нагрузочного тестирования в пробе капиллярной крови с помощью фотометрического анализатора BTS-350 фирмы BioSystems (Испания) и гематокритной центрифуги CM-70 фирмы SkyLine (Латвия). Определение общей массы гемоглобина (tHb) проводилось с помощью методики возвратного дыхания монооксидом углерода (CO) [15]. Применяли стеклянный спирометр компании «Bloodtec» (Германия), пробы крови были проанализированы с помощью СО-оксиметра ABL80 FLEX компании «Radiomet» (Дания).

Для оценки окислительно-антиоксидантного статуса (ОАС) применяли фотометрическую аналитическую систему Free Radical Analytical System (FRAS-4) («Diacron International», H&D, Парма, Италия), которая включает в себя термостатированную центрифугу и фотометр. Концентрацию активных форм кислорода определяли по показателю d-ROM (Reactive Oxygen Metabolites). Принцип метода заключается в том, что присутствующие в плазме крови гидроперекиси взаимодействуют с переходными металлами, в частности с железом, высвобождающимися в кислой среде из белков. Образующиеся при этом свободные радикалы окисляют хромоген (N,N-диэтил-пара-фенилдиамин), который изменяет окраску. Для проведения теста капиллярную кровь смешивали с буфером pH 4,8 и хромогеном, центрифугировали в течение 90 с. Фотометрическую оценку осуществляли при длине волны 505 нм. Температура центрифугирования и считывания 37 °С. Показатель d-ROM измеряется в условных единицах UCarr (Carratelli Units). 1 UCarr соответствует концентрации 0,8 мг H_2O_2 в 1 литре. В исследованиях с участием более 5000 относительно здоровых добровольцев установлено, что нормативными значениями d-ROM могут считаться 250–300 UCarr, а значения 300–320 UCarr являются пограничными [16, 17].

Для оценки общего антиоксидантного потенциала крови использовали тест BAP (Biological Antioxidant Potential). Метод основан на способности компонентов плазмы, обладающих антиоксидантной активностью, восстанавливать ионы Fe^{3+} в присутствии хромогенного субстрата (раствор тиоцианата) до Fe^{2+} . Капиллярную кровь, смешанную с буфером, раствором хлорида железа и хромогеном, центрифугировали, инкубировали в течение 1 мин. Оценку проводили на фотометре при длине волны 505 нм. Прибор был откалиброван с использованием антиоксидантного препарата – аскорбиновой кислоты. Единица измерения уровня антиоксидантного потенциала 1 UCoг соответствует 1.4 мкМ аскорбиновой кислоты.

Рассчитывали OSI (Oxidative Stress Index) – окислительный стресс-индекс, который интегрирует предыдущие показатели, отражая баланс между антиоксидантными и прооксидантными системами, что облегчает интерпретацию данных [25]. OSI определяли отношени-

ем стандартизированных переменных d-ROM и PAT, используя программу производителя FRAS. Исходя из данных разработчиков метода, в норме величина индекса не должна превышать 40, пограничными считают значения 41-65, OSI выше 65 свидетельствует о выраженном оксидативном стрессе.

Анализ данных проводили с помощью программы Statistica 11.0. Данные в работе представлены как среднее и стандартное отклонение $M \pm SD$. Проверка нормальности распределения проведена с применением критерия Колмогорова-Смирнова, корреляции между показателями и их динамикой оценены непараметрическим ранговым

коэффициентом корреляции Спирмена, достоверность различий – тестом Уилкоксона для связанных выборок.

3. Результаты и их обсуждение

Трехнедельные тренировки и проживание в условиях умеренной высотной гипоксии сопровождались значимым приростом значений гемоглобина/гематокрита и общей массы гемоглобина, причем повышенные значения первых показателей сохранялись и на этапе Т3, после 2 недель реакклиматизации и тренировок на равнине, но значения tHb на этапе Т3 возвращались к уровню исходных (табл. 1).

Таблица 1

Показатели крови, оксидативно-антиоксидантного статуса и нагрузочного тестирования у спортсменов в динамике наблюдения

Table 1

Indicators of blood, oxide-antioxidant status and exercise performance in normoxia and hypoxia before (Stage T1), immediately after (Stage T2), and 2 weeks after training session (Stage T3) in the moderate altitude

Показатель / Parameter	Этап Т1 / Stage T1	Этап Т2 / Stage T2	Этап Т3 / Stage T3
Масса тела, кг / Body Mass, kg	69,7±6,4	69,3±6,1	69,5±6,2
Hb мг / литр / Haemoglobin, mg/L	151,0±9,8	168,6±19,1* (p=0,01)	161,5±16,3 *(p=0,06)
Гематокрит % / Haematocrit %	44,4±2,7	49,7±5,4 *(p=0,01)	48,9±2,9* (p=0,006)
tHb-mass, г	894,3±69,2	937,4±73,7 *(p=0,005)	906,9±98,6
D-rom test	271±28	289±42 (p=0,16)	276±43 ** (p=0,02)
Var-test	3091±286	3230±224	3088±642
OSI	41,5±15,4	52,4±16,1	59,1±19,2 *(p=0,012)
Нагрузочное тестирование в условиях нормоксии / Exercise testing in normoxic conditions			
VO ₂ max, л/мин	4,3±0,4	4,5±0,3	5,05±0,3 (p=0,1)
VO ₂ / ПАНО, л/мин / VO ₂ / AT, L/min	3,0±0,4	3,2±0,2	4,0±0,3 *(p=0,01) ** (p=0,005)
Лактат, ммоль/л, VO ₂ max / Lactate at VO ₂ max level, Mmol/L	11,1±4,2	9,8±3,1	7,2±2,5 *(p=0,02)
Лактат, ммоль/л, ПАНО / Lactate at VO ₂ / AT level, Mmol/L	2,7±0,7	3,9±3,4	3,2±2,8
Нагрузочное тестирование в условиях нормобарической гипоксии / Exercise testing in hypoxic conditions			
VO ₂ max, л/мин	3,8±0,2	3,75±0,7	4,3±0,3*(p=0,006) ** (p=0,003)
VO ₂ / ПАНО л/мин / VO ₂ / AT, L/min	3,1±0,4	3,1±0,4	3,7±0,2 *(p=0,01) ** (p=0,01)
Лактат, ммоль/л, VO ₂ max / Lactate at VO ₂ max level, Mmol/L	10,5±3,0	8,1±2,1 *(p=0,05)	6,1±2,0 *(p=0,005)
Лактат, ммоль/л, ПАНО / Lactate at VO ₂ / AT level, Mmol/L	4,2±1,5	2,6±0,7 *(p=0,005)	3,1±1,3

Примечание: * – достоверность различий по отношению к Этапу Т1; ** – достоверность различий по отношению к Этапу Т2.

Note: * – validity of differences in relation to Stage T1; ** – validity of differences in relation to Stage T2.

Следует отметить, что после первого УТС не отмечено достоверной положительной динамики показателей физической работоспособности – значений максимального потребления кислорода абсолютных и относительных, на кг массы тела ($VO_2\text{max}$, л/мин и $VO_2\text{max}/\text{кг}$, мл/мин/кг), потребления кислорода на уровне анаэробного порога ($VO_2/\text{ПАНО}$ л/мин и $VO_2/\text{ПАНО}/\text{кг}$, мл/мин/кг), а также значений лактата (Лактат, ммоль/л) на уровне $VO_2\text{max}$ и $VO_2/\text{ПАНО}$ как при тестировании в нормоксических, так и в моделируемых гипоксических условиях (табл. 1 и рис. 1). Исключение составило лишь значимое снижение значений лактата на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) и $VO_2\text{max}$ при тестировании лыжников при моделировании умеренной гипоксии, что косвенно отражает некоторое повышение экономичности выполнения работы после курса тренировок в естественных условиях гипобарической гипоксии.

Однако на этапе Т3, после 2-недельного УТС в условиях равнины, отмечено достоверное повышение аэробных возможностей спортсменов при тестировании как в нормоксических, так и в гипоксических условиях – прирост по отношению к исходным данным абсолютных и относительных значений $VO_2\text{max}$ и $VO_2/\text{ПАНО}$ при снижении концентрации лактата на уровне $VO_2\text{max}$. Причем наиболее значимый прирост значений показателей $VO_2\text{max}/\text{кг}$ и $VO_2/\text{ПАНО}/\text{кг}$ отмечен при тестировании лыжников в гипоксической среде, и на заключительном их значения практически не отличались от данных тестирования в нормоксии (рис. 1).

Таким образом, отмечен более оперативный «гематологический ответ» (прирост значений общей массы гемоглобина) спортсменов на тренировки в условиях среднегорья и отставленное по времени повышение показателей аэробной работоспособности, что в целом соответствует известным данным о частично гемиче-

ски-обусловленном повышении работоспособностей у атлетов, тренирующихся на выносливость [1, 3] и о фазности повышения работоспособности после 3 недель средне-высокогорных тренировок с максимальным эффектом через 16-18 дней после курса гипоксической адаптации [4].

В исследовании не выявлено значимых среднегрупповых изменений показателей оксидативно-антиоксидантного статуса в динамике тестирования профессиональных лыжников (табл. 1). При анализе индивидуальной динамики показателей отмечено, что у большинства спортсменов значения d-ROM не выходили за пределы нормативных данных на всех трех этапах тестирования (рис. 2, а). Лишь у двух лыжников они находились в зоне пограничных значений или повышались в динамике тестирования. В то же время значения показателя ВАР, отражающего общий антиоксидантный потенциал крови, у 9 из 10 спортсменов находились в зоне повышенных значений на всех этапах тестирования (рис. 2, б). Лишь у одного атлета значения d-ROM и ВАР на заключительном этапе тестирования были существенно снижены, однако это никак не сказывалось на динамике параметров его работоспособности. Как результат, значения показателя OSI, интегрально отражающего ОАС спортсменов, от этапа Т1 к этапу Т2 несколько повышались и далее находились в зоне пограничных, несколько повышенных значений за счет мобилизации механизмов антиоксидантной защиты (рис. 2, в).

Полученные результаты позволяют сделать заключение о достаточно высоком антиоксидантном потенциале крови и высоком «запасе прочности» организма тестируемых спортсменов, с одной стороны, а с другой – об адекватности применяемых тренировочных нагрузок (их интенсивности, продолжительности, повторяемости и пр.) в условиях умеренной гипобарической гипоксии и

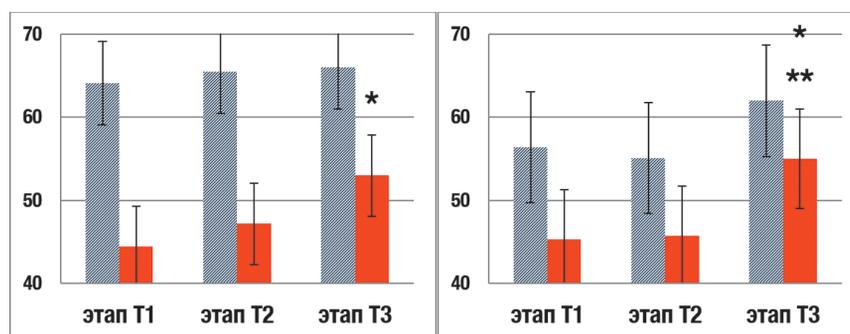


Рис. 1. Динамика значений относительных показателей – максимального потребления кислорода ($VO_2\text{max}/\text{кг}$, мл/мин/кг, обозначены штрихом) и потребления кислорода на уровне анаэробного порога ($VO_2/\text{ПАНО}/\text{кг}$, мл/мин/кг, обозначены красным) у высококвалифицированных лыжников при тестировании в нормоксических (слева) и моделируемых гипоксических (справа) условиях на трех этапах.

* – достоверность различий ($p=0,05$) по отношению к данным Этапа Т1

** – достоверность различий ($p=0,05$) по отношению к данным Этапа Т2.

Рис.1. Dynamics of the relative values – maximum oxygen consumption ($VO_2\text{max}/\text{кг}$, ml/min/kg, marked in blue) and oxygen consumption at the anaerobic threshold ($VO_2/\text{AT}/\text{кг}$, ml/min/kg, marked in red) for elite skiers, tested in normoxic (left) and simulated hypoxic (right) conditions at three stages.

* – significance of differences ($p=0.05$) in relation to the data of Stage T1.

** – significance of differences ($p=0.05$) in relation to the data of Stage T2.

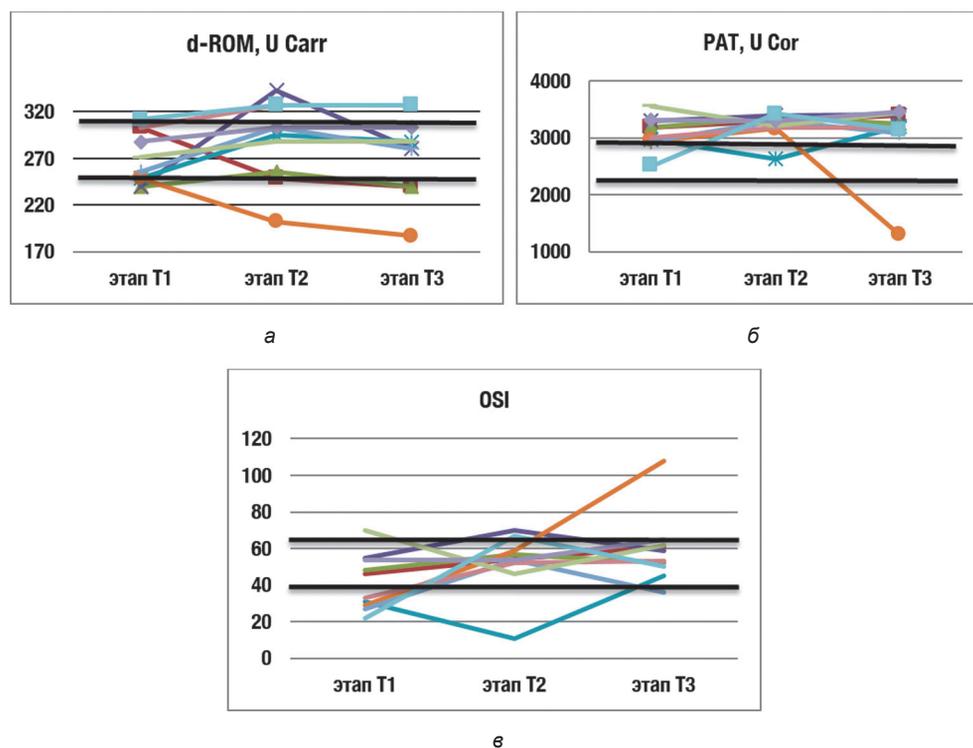


Рис. 2. Динамика индивидуальных значений показателей оксидативно-антиоксидантного статуса квалифицированных лыжников на разных этапах обследования. Черными толстыми линиями обозначены границы условной нормы значений показателей.

Fig. 2. Dynamics of oxidative-antioxidant status individual values in qualified skiers at different stages of the survey. Black thick lines indicate the conventional norms' borders for appropriate indicators.

в периоде реадаптации после акклиматизации к среднегорью, что не приводило к развитию чрезмерного оксидативного стресса и нарушениям баланса в ОАС.

В результате проведения корреляционного анализа сдвигов показателей ОАС и аэробной работоспособности тестируемых спортсменов в динамике периода акклиматизации (между T1 и T2) установлены определенные взаимосвязи. Так, повышение потребления кислорода на уровне ПАНО после 3-недельного цикла в условиях гипобарической гипоксии достоверно коррелирует с повышением значений ВАР (рис. 3, а). А повышение значений OSI значимо связано со снижением уровня лактата крови спортсменов на уровне максимального потребления кислорода (МПК) (рис. 3, б) и повышением значений относительного VO_{2max}/kg при тестировании в условиях нормоксии (рис. 3, в).

Известно, что продолжительное пребывание в условиях высокогорья, а также «острые» (в течение 24-48 часов) гипобарические гипоксические экспозиции сопровождаются индукцией оксидативного стресса [18]. Аналогичная активация продукции активных форм кислорода (АФК) отмечается и при интенсивных (выше 70% от VO_{2max}) тренировочных нагрузках у профессиональных спортсменов [12, 19, 20], причем «острый» мышечный стресс (интенсивная однократная нагрузка на эксцентрическом тренажере) сопровождается индукцией АФК (повышение значений d-ROM) в пределах пограничных значений [19].

Отмечено также, что проведение УТС в условиях среднегорья требует тщательного дозирования (снижения интенсивности) спортивных нагрузок, поскольку сочетание гипоксии среднегорья и тренировочного стресса (адекватного возможностям атлета на равнине, но чрезмерного в горах) может приводить к быстрому развитию переутомления, перетренированности, одной из причин которых является оксидативный стресс [11, 21]. Причем АФК, в зависимости от интенсивности и кратности их продукции прежде всего в скелетной мускулатуре могут выполнять как негативную роль (деградация сократительных белков, сократительная дисфункция вплоть до индукции апоптоза), так и адаптивные функции (стимуляция митохондриального биогенеза, эндогенных механизмов антиоксидантной защиты, аэробной мощности) [22].

Очевидно, что в нашем исследовании 3-недельный цикл индивидуально дозированных тренировок при постоянном пребывании высококвалифицированных лыжников в условиях среднегорья приводил лишь к умеренной активации как продукции АФК (тенденция к росту d-ROM), так и некоторому повышению активности антиоксидантных механизмов (ВАР и OSI), что определенным образом коррелировало с значимым приростом аэробной работоспособности (рис. 3). При этом обнаружена взаимосвязь между приростом общей массы гемоглобина и аэробной работоспособности (VO_{2max}), тестируемой как в нормоксических ($r=0,75$;

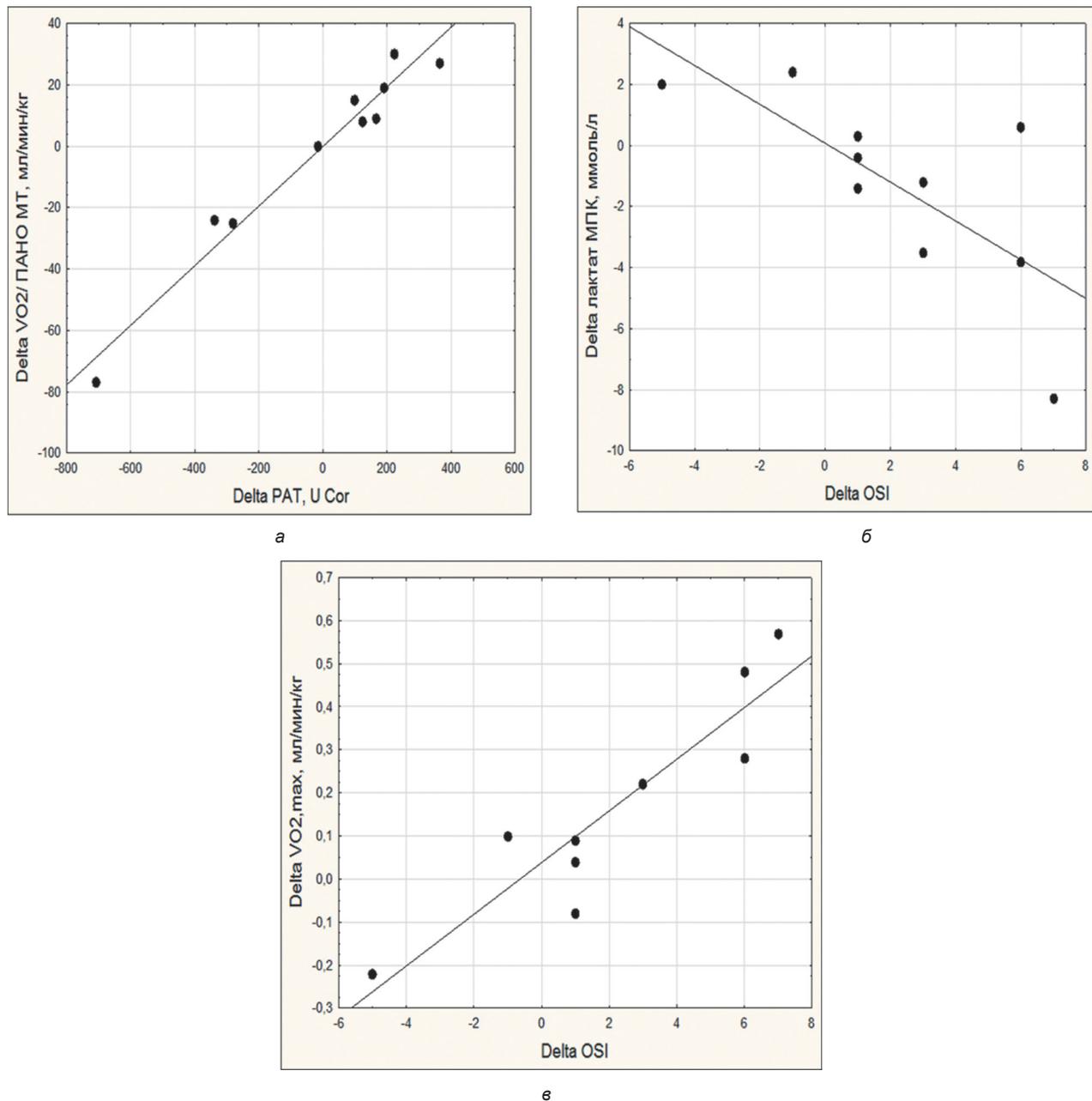


Рис. 3. Соотношения между изменениями значений показателей между этапами тестирования T1 и T2:

а – динамикой значений ВАР (ось абсцисс) и приростом потребления кислорода на уровне ПАНО, мл/мин/кг ($r=0,979$ $p=0,01$); б – приростом значений OSI и снижением значений лактата на уровне $VO_{2,max}$, ммоль/л ($r=0,73$ $p=0,02$); в – приростом значений OSI и увеличением относительных значений $VO_{2,max}$ /кг, мл/мин/кг ($r=0,914$ $p=0,01$).

Fig. 3. Relationships between the changes of the indicators between the stages of testing T1 and T2:

а – dynamics of BAP values (abscissa axis) and oxygen consumption increase at the level of anaerobic threshold (AT) relative to body mass, ml/min/kg ($r=0.979$, $p=0.01$); б – increase of OSI values and decrease of lactate values at the level of $VO_{2,max}$, Mmol/l ($r=0.73$, $p=0.02$); в – increase of OSI values and increase of relative values of $VO_{2,max}$ /kg, ml/min/kg ($r=0.914$, $p=0.01$).

$p=0,03$), так и в гипоксических ($r=0,51$; $p=0,05$) условиях, а для значений гемоглобина/гематокрита таких корреляций нет, что подтверждает значимость динамической оценки общей гемоглобиновой массы и согласуется с рядом исследований [15, 23]. Подобный эффект может быть объяснен АФК-индуцированной активацией буферной емкости, повышением эффективности утилизации кислорода и глюкозы в скелетных мышцах [1, 24, 25], что на-

ряду с «включением» гематологического ответа на гипоксию приводило к отсроченным (к концу УТС на равнине) эффектам повышения физической работоспособности и аэробной выносливости, тестируемых как в условиях нормоксии, так и в условиях нормобарической гипоксии.

Поскольку значения всех показателей ОАС у лыжников находились в диапазонах нормы и умеренной активации [17] на всех этапах тестирования, можно пола-

гать, что зарегистрированный уровень «оксидативного стресса» является оптимальным для профессиональных спортсменов, тренирующихся на выносливость.

Требуются дополнительные, более масштабные исследования динамики ОАС и его влияния на аэробную мощность и работоспособность спортсменов, тренирующихся на выносливость, в зависимости от «накапливаемой гипоксической дозы» и интенсивности тренировочных нагрузок.

4. Выводы

1. Трехнедельный цикл акклиматизации в условиях среднегорья и индивидуально дозированных тренировок на выносливость приводит к значимому повышению концентрации гемоглобина и общей массы гемоглобина с отставленным на две недели достоверным приростом показателей физической работоспособности и аэробной мощности у высококвалифицированных лыжников-гонщиков, тестируемых как в условиях нормоксии, так и в нормобарической гипоксии.

Список литературы

1. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining Hypoxic Methods for Peak Performance // Sports Medicine. 2010. Vol.40, №1. P. 1-25.
2. Зеленкова И.А., Зоткин С.В., Корнеев П.В., Копров С.В., Альмяшев Д.Х., Глазачев О.С., Грушин А.А. Вариабельность гипоксической устойчивости у спортсменов различной квалификации и спортивной специализации // Спортивная медицина: наука и практика. 2016. Т.6, №4. С. 5-10.
3. Debevec T, Mekjavić IB. Short intermittent hypoxia for improvement of athletic performance: reality or a placebo? // Kinesiology Slovenica. 2013. Vol.19, №3. P. 5-28.
4. Ranislavljev I, Ilic V, Markovich M, Babic G. New tendencies in the application of altitude training in sport preparation // Journal of Physical Education and Sport. 2011. Vol.11, №2. P. 200-204.
5. Levine BD, Stray-Gundersen J. «Living high-training low»: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance // Journal of Applied Physiology. 1997. Vol.83, №1. P. 102-112.
6. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallat A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP. Living high-training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers // European Journal of Applied Physiology. 2006. Vol.97, №6. P. 695-705.
7. Christoulas K, Karamouzis M, Mandroukas K. «Living high – training low» vs. «living high - training high»: erythropoietic responses and performance of adolescent cross-country skiers // Journal Sports Med Phys Fitness. 2011. Vol.51, №1. P. 74-81.
8. Maciejczyk M, Sudół G, Szyguła Z. Influence of Hypoxia Training on the Aerobic Capacity of an Elite Race Walker // Human Movement. 2012. Vol.13, №4. P. 360-366.
9. Debevec T, Pialoux V, Saugy J, Schmitt L, Cejuela R, Murry P, Ehrström S, Faiss R, Millet GP. Prooxidant/antioxidant balance in hypoxia: a cross-over study on normobaric vs. hypobaric «Live High-Train Low» // PLoS One. 2015. Vol.10, №9. P. 1-14.
10. Pialoux V, Brugniaux JV, Rock E, Mazur A, Schmitt L, Richalet J-P, Mounier R. Antioxidant status of elite athletes remains impaired 2 weeks after a simulated altitude training camp // European Journal of Nutrition. 2009. Vol.49, №5. P. 285-292.

2. Циклы акклиматизации и последующей реакклиматизации спортсменов сопровождались умеренной индивидуально вариабельной активацией как оксидативного стресса, так и антиоксидантных эндогенных механизмов, значения индикаторов которых не превышали границы нормы и пограничных величин.

3. Повышение мощности антиоксидантных механизмов и общая активация системы «про-антиоксиданты» в диапазоне пограничных значений индикаторов ВАР и OSI коррелировало с приростом аэробной мощности тестируемых спортсменов.

4. Применяемый экспресс-метод интегральной фотометрической оценки индикаторов активных метаболитов кислорода и общей антиоксидантной активности (FRAS) является адекватным для динамической оценки оксидативно-антиоксидантного статуса и контроля подготовки спортсменов, тренирующихся на выносливость, в процессе учебно-тренировочных и предсоревновательных сборов.

References

1. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining Hypoxic Methods for Peak Performance. Sports Medicine. 2010;40(1):1-25.
2. Zelenkova IA, Zotkin SV, Korneev PV, Koprov SV, Al'myashev DKh., Glazachev OS, Grushin AA. Hypoxic tolerance variability in athletes with different training level and sports specialization. Sports medicine: research and practice. 2016;6(4):5-10. Russian.
3. Debevec T, Mekjavić IB. Short intermittent hypoxia for improvement of athletic performance: reality or a placebo? Kinesiology Slovenica. 2013;19(3):5-28.
4. Ranislavljev I, Ilic V, Markovich M, Babic G. New tendencies in the application of altitude training in sport preparation. Journal of Physical Education and Sport. 2011;11(2):200-204.
5. Levine BD, Stray-Gundersen J. «Living high-training low»: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. Journal of Applied Physiology. 1997;83(1):102-112.
6. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallat A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP. Living high-training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. European Journal of Applied Physiology. 2006;97(6):695-705.
7. Christoulas K, Karamouzis M, Mandroukas K. «Living high – training low» vs. «living high - training high»: erythropoietic responses and performance of adolescent cross-country skiers. Journal Sports Med Phys Fitness. 2011;51(1):74-81.
8. Maciejczyk M, Sudół G, Szyguła Z. Influence of Hypoxia Training on the Aerobic Capacity of an Elite Race Walker. Human Movement. 2012;13(4):360-366.
9. Debevec T, Pialoux V, Saugy J, Schmitt L, Cejuela R., Murry P, Ehrström S, Faiss R, Millet GP. Prooxidant/antioxidant balance in hypoxia: a cross-over study on normobaric vs. hypobaric «Live High-Train Low». PLoS One. 2015;10(9):1-14.
10. Pialoux V, Brugniaux JV, Rock E, Mazur A, Schmitt L, Richalet J-P, Mounier R. Antioxidant status of elite athletes remains impaired 2 weeks after a simulated altitude training camp. European Journal of Nutrition. 2009;49(5):285-292.

11. Дикунец М.А., Дудко Г.А., Шачнев Е.Н., Мякинченко Е.Б., Лянг О.В. Анализ гипотез развития синдрома перетренированности // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №2. С. 5-14.
12. Corsetti R, Villa M, Pasturenzi M, Finco A, Cornelli U. Redox state in professional cyclists following competitive sports activity // The Open Sport Medicine Journal. 2012. Vol.6. P. 34-41.
13. Susta D, Dudnik EN, Glazachev OS. A programme based on repeated hypoxia-hyperoxia exposure and light exercise enhances performance in athletes with overtraining syndrome: A pilot study // Clinical Physiology and Functional Imaging. 2017. Vol.3, №37. P. 276-281.
14. León-López J, Calderón-Soto C, Pérez-Sánchez M, Feriche B, Iglesias X, Chaverri D, Rodríguez FA. Oxidative stress in elite athletes training at moderate altitude and at sea level // European Journal of Sport Science. 2018. Vol. 18, №6. P. 832-841.
15. Schmidt W, Prommer N. The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely // Eur J Appl Physiol. 2005. Vol. 95, № 5-6. P. 486-495.
16. Vadalà M, Palmieri B, Malagoli A, Laurino C. Oxidative stress, plasma/salivary antioxidant status detection and health risk factors // Asian Journal of Medical Sciences. 2017. Vol.8, №1. P. 32-41.
17. Vassalle C, Pratali L, Boni C, Mercuri A, Ndreu R. An oxidative stress score as a combined measure of the pro-oxidant and anti-oxidant counterparts in patients with coronary artery disease // Clin.Biochem. 2008. Vol.41, №14-15. P. 1162-1167.
18. Jefferson JA, Simoni J, Escudero E, Hurtado M-E, Swenson ER, Wesso DE, Hurtado A. Increased Oxidative Stress Following Acute and Chronic High Altitude Exposure // High Altitude Medicine & Biology. 2004. Vol.5, №1. P. 61-69.
19. Margonis K, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Douroudos I, Chatzinikolaou A, Kouretas D. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis // Free Radical Biology and Medicine. 2007. Vol.43, №6. P. 901-910.
20. Knez WL, Periard JP. The impact of mach-play tennis in a hot environment on indirect markers of oxidative stress and antioxidant status // Br J Sports Med. 2014. Vol.48. P. 159-163.
21. Maruoka H, Komaki K, Inoue K. Effects of Muscle Stress on Oxidative Stress // Journal of Physical Therapy Science. 2007. Vol.19, №4. P. 273-276.
22. Steinbacher P, Eckl P. Impact of Oxidative Stress on Exercising Skeletal Muscle // Biomolecules. 2015. Vol.5. P. 356-377.
23. Зеленкова И.Е., Зоткин С.В., Грушин А.А. Практическое применение оценки динамики параметров общей гемоглобиновой массы и объема циркулирующей крови методом возвратного дыхания монооксидом углерода в контексте тренировочного процесса // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. №4. С. 17-23.
24. Strzała M, Ostrowski A, Szyguła Z. Altitude Training and its Influence on Physical Endurance in Swimmers // Journal of Human Kinetics. 2011. Vol.28, №1. P. 91-105.
25. Шендеров Б.А. Роль митохондрий в профилактической, восстановительной и спортивной медицине // Вестник восстановительной медицины. 2018. №1 (83). С. 21-31.
11. Dikunets MA, Dudko GA, Shachnev EN, Myakinchenko EB, Lyang OV. Development of overtraining syndrome: survey of hypotheses. Sports medicine: research and practice. 2019;9(2): 5-14. Russian.
12. Corsetti R, Villa M, Pasturenzi M, Finco A, Cornelli U. Redox state in professional cyclists following competitive sports activity. The Open Sport Medicine Journal. 2012;6:34-41.
13. Susta D, Dudnik EN, Glazachev OS. A programme based on repeated hypoxia-hyperoxia exposure and light exercise enhances performance in athletes with overtraining syndrome: A pilot study. Clinical Physiology and Functional Imaging. 2017;3(37): 276-281.
14. León-López J, Calderón-Soto C, Pérez-Sánchez M, Feriche B, Iglesias X, Chaverri D, Rodríguez FA. Oxidative stress in elite athletes training at moderate altitude and at sea level. European Journal of Sport Science. 2018;18(6):832-841.
15. Schmidt W, Prommer N. The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. Eur J Appl Physiol. 2005;95(5-6):486-495.
16. Vadalà M, Palmieri B, Malagoli A, Laurino C. Oxidative stress, plasma/salivary antioxidant status detection and health risk factors. Asian Journal of Medical Sciences. 2017;8(1):32-41.
17. Vassalle C, Pratali L, Boni C, Mercuri A, Ndreu R. An oxidative stress score as a combined measure of the pro-oxidant and anti-oxidant counterparts in patients with coronary artery disease. Clin.Biochem. 2008;41(14-15):1162-1167.
18. Jefferson J. A, Simoni J, Escudero E, Hurtado, M.-E, Swenson E R, Wesso, D E, Hurtado A. Increased Oxidative Stress Following Acute and Chronic High Altitude Exposure. High Altitude Medicine & Biology. 2004;5(1):61-69.
19. Margonis K, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Douroudos I, Chatzinikolaou A, Kouretas D. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. Free Radical Biology and Medicine. 2007;43(6):901-910.
20. Knez WL, Periard JP. The impact of mach-play tennis in a hot environment on indirect markers of oxidative stress and antioxidant status. Br J Sports Med. 2014;48:159-163.
21. Maruoka H, Komaki K, Inoue K. Effects of Muscle Stress on Oxidative Stress. Journal of Physical Therapy Science. 2007;19(4):273-276.
22. Steinbacher P, Eckl P. Impact of Oxidative Stress on Exercising Skeletal Muscle. Biomolecules. 2015;5:356-377.
23. Zelenkova IE, Zotkin SV, Grushin AA. Practical approach of total haemoglobin mass and blood volume measurement with carbon monoxide rebreathing method in routine training practice. Sports medicine: research and practice. 2014;4:17-23. Russian
24. Strzała M, Ostrowski A, Szyguła Z. Altitude Training and its Influence on Physical Endurance in Swimmers. Journal of Human Kinetics. 2011;28(1):91-105.
25. Shenderov BA. Role of mitochondria in preventive, restorative and sports medicine. Bulletin of rehabilitation medicine. 2018;1(83):21-31. Russian.

Информация об авторах:

Грушин Александр Алексеевич, заместитель руководителя Управления по научно-методическому обеспечению спортивной подготовки Олимпийского комитета России. ORCID ID: 0000-0003-1065-0966

Зеленкова Ирина Евгеньевна, главный врач Инновационного центра Олимпийского комитета России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-2166-6704 (+7 (916) 774-03-93, iz@il.ru)

Глазачев Олег Станиславович, профессор кафедры нормальной физиологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-9960-6608

Дудник Елена Николаевна, доцент кафедры нормальной физиологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-4571-1781

Зоткин Сергей Викторович, генеральный директор Инновационного центра Олимпийского комитета России. ORCID ID: 0000-0003-0231-6079

Корнеев Павел Васильевич, научный сотрудник, главный специалист Инновационного центра Олимпийского комитета России. ORCID ID: 0000-0002-3880-4958

Копров Сергей Валерьевич, научный сотрудник, специалист Инновационного центра Олимпийского комитета России. ORCID ID: 0000-0002-1498-7016

Альмяшев Дмитрий Халимович, научный сотрудник, специалист Инновационного центра Олимпийского комитета России, директор АНО «Центр медико-биологических инноваций». ORCID ID: 0000-0002-8341-3569

Information about the authors:

Alexander A. Grushin, Deputy Head of the Main Department for Ensuring Participation in Olympic Sports Events of the Russian Olympic Committee. ORCID ID: 0000-0003-1065-0966

Irina E. Zelenkova, M.D., Ph.D. (Medicine), Chief Doctor of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee. ORCID ID: 0000-0002-2166-6704 (+7(916)774-03-93, iz@i1.ru)

Oleg S. Glazachev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Normal Physiology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). ORCID ID: 0000-0001-9960-6608

Elena N. Dudnik, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Normal Physiology of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). ORCID ID: 0000-0003-4571-1781

Sergey V. Zotkin, General Director of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee. ORCID ID: 0000-0003-0231-6079

Pavel V. Korneev, M.D., Scientist, Chief Specialist of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee. ORCID ID: 0000-0002-3880-4958

Sergey V. Koprov, Scientist, Specialist of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee. ORCID ID: 0000-0002-1498-7016

Dmitry H. Almyashev, Scientist, Specialist of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee, Director of the Center of Medical-biological Innovations. ORCID ID: 0000-0002-8341-3569

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 10.09.2019

Принята к публикации: 03.12.2019

Received: 10 September 2019

Accepted: 03 December 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.21

УДК: 612.745

Количественная оценка и описание физической работоспособности

Г.Д. Кнуттген

Медицинская школа Гарвардского Университета,
Реабилитационная больница Спаулдинг, Бостон, Массачусетс, США

РЕЗЮМЕ

В настоящей статье поднимается вопрос о стандартизации понятий и оценки физической работоспособности в научной литературе. Рассматриваются такие базовые величины научных исследований как масса, объем, сила, энергия, работа, мощность. В связи со стандартизацией процедур отчетности по различным видам и повышением требований к научным статьям исследователям важно согласовывать стандартные технологии. Необходимость стандартной терминологии также очевидно в клинических условиях, когда разные специалисты должны общаться и обсуждать реабилитационные вмешательства. Строгое соблюдение определений международной системы СИ обеспечит стандартизацию терминологии и сделает научную коммуникацию более понятной для мирового научного сообщества.

Ключевые слова: физическая работоспособность, веса и меры

Для цитирования: Кнуттген Г.Д. Количественная оценка и описание физической работоспособности // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 21-24. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.21.

Quantification and description of physical work performance

Howard G. Knuttgen

Harvard University Medical School, Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston, Massachusetts USA

ABSTRACT

This article raises the question of standardization of terms and evaluation of physical performance in the scientific literature. Basic parameters of scientific research as mass, volume, force, energy, work, power are considered. In keeping with the standardization of procedures in the reporting of various types of research and the increased requirements for scientific manuscript preparation, it is vitally important that investigators conform with standard terminology. The need for standard terminology is also evident in clinical settings where different health professionals must communicate and discuss rehabilitation interventions. Strict adherence to the definitions of the international system will ensure standardization of terminology and make scientific communication more readily understandable to the worldwide scientific community.

Key words: athletic performance, weights and measures

For citation: Knuttgen HG. Quantification and description of physical work performance. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):21-24. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.21.

1. Введение

Физические упражнения основной терапевтический метод в практике спортивной медицины и реабилитации, который может быть описан как запланированная, структурированная, регулярная мышечная активность, нацеленная на улучшение возможностей функции движения. Были выявлены улучшения у пациентов с различными заболеваниями, такими как неврологические травмы, скелетно-мышечные нарушения, Кардиореспираторные заболевания, рак, и многие другие. К тому же, такие упражнения используются людьми с различными заболеваниями и паралимпийскими спортсменами. Они включают в себя комбинации концентрических, эксцентрических и изометрических движений скелетных мышц [1]. В связи со стандартизацией процедур отчетности по различным видам исследований и повышением тре-

бований к подготовке научных статей жизненно важно, чтобы исследователи согласовывали стандартные технологии. Ошибки в использовании соответствующей терминологии и использование некорректных измерений могут неблагоприятно повлиять на эффективное и содержательное общение. Необходимость стандартной терминологии также очевидна в клинических условиях, когда разные специалисты должны общаться и обсуждать реабилитационные вмешательства.

2. Международная система единиц

Международная система, впервые представленная в 1960-х годах, была принята повсеместно как система для оценки физической работоспособности [2]. Единицы, используемые для оценки упражнений – масса (грамм, килограмм), сила (Ньютон), энергия (Джоуль), работа (Джоуль), тепло (Джоуль), дистанция (метр), момент

вращения (Ньютон-метр), объем (литр), время (час, минута, секунда), и мощность (ватт) (табл. 1). Ньютон (Н) является основной единицей измерения силы, но редко представлен в научной литературе, потому что «свободные веса» и блоки тренажеров изготовлены и маркированы в единицах килограммов массы. Сила подъема 1 кг массы против силы тяжести равна 9,81 Н на большей части поверхности Земли.

Энергия, работа и тепло взаимосвязаны, таким образом, имеют одинаковые единицы измерения, Джоуль. Касаемо упражнений, они соответствуют формуле: энергия (Дж) = работа (Дж) + тепло (Дж). Энергия, высвобождаемая в работающих клетках скелетных мышц для произведения движения, может выражаться в выполняемой механической работе. Если не выполняется никакой работы, вся энергия уйдет в тепло. Для динамической работы человека, типичная механическая эффективность 20% будет выражаться 5 Дж продукции энергии, 1 Дж работы и 4 Дж тепла тела.

3. Работоспособность человека

Сила (максимальная сила или момент силы) может быть измерена для каждого движения тела человека и, в частности, зависит от скорости движения. Система оценки силы и программа упражнений была представлена в 1945 году как система Делорме [3]. Оценка способности человека прилагать силу или крутящий момент с помощью свободных весов или тренажера определяется как сила сопротивления или крутящий момент, которые могут быть выполнены до отказа для данного количества повторений (П) и называемого повторным максимумом (ПМ). Одно повторение с максимально возможным весом и с полной амплитудой движения для заданного силового упражнения, определяется как 1 ПМ и отражает предельную силу человека. Силовая выносливость обычно оценивается максимальным весом снаряда, ко-

торый спортсмен может поднять данное количество раз (например, 10 ПМ).

Аэробные упражнения, включающие большую мышечную активность, такие как ходьба, бег, езда на велосипеде, бег на лыжах по пересеченной местности, упражнения на тредмиле, эллиптическом тренажере, гребном тренажере и других тренажерах, направленных на тренировку выносливости, в большей степени зависят от доставки кислорода от легких к работающим мышцам.

С помощью специального эргометра для выполнения упражнения «езда на велосипеде» [4], возможно оценить испытуемых по всему диапазону выработки энергии от длительного (например, 20 мин и дольше) до максимального развития силы и момента силы (как в системе ПМ). На рисунке показан график метаболической мощности и механической силы, которая передается на эргометр от испытуемого. Метаболическая мощность в клетках мышц обеспечивается аэробным окислением углеводов и жиров, анаэробным обменом веществ (с образованием молочной кислоты), или непосредственно высокоэнергетическими фосфатами (аденозинтрифосфат и креатинфосфат) в зависимости от интенсивности нагрузки.

При низкой интенсивности нагрузки мышцы обеспечиваются энергией исключительно аэробным окислением углеводов и жиров. Аэробный обмен веществ измеряется спирометрией и определяется как уровень потребления кислорода и отсылает к показателю VO_2 (литр в минуту). По мере того как испытуемый достигает максимального потребления кислорода (VO_{2max}) мышцы в большей степени переходят на анаэробный метаболизм углеводов с образованием молочной кислоты в мышцах и выделением её в циркулирующую кровь. В интервале от 450 Вт до 1300 Вт мощность выполнения упражнения зависит, в основном, от анаэробного гликолиза, свыше 1000 Вт и в упражнениях до истощения длительностью менее 20 секунд в большей степени от

Таблица 1

Базовые определения и единицы измерения в системе СИ

Table 1

Basic Definitions and Units in SI

Величины / Measurement	Единицы / Unit of measurement	Обозначения / Abbreviation
Длина / Length	Сантиметр, метр, километр / Centimetre, metre, kilometre	см, м, км / cm, m, km
Время / Time	Секунда, минута, час / Second, minute, hour	сек, мин, ч / sec, min, h
Масса / Weight	Грамм, килограмм / Gramm, kilogramm	г, кг / g, kg
Объем / Volume	Литр / Litre	л / l
Сила / Force	Ньютон / Newton	Н / N
Момент вращения / Torque	Ньютон метр / Newton metre	Нм / Nm
Работа / Work	Джоуль / Joule	Дж / J
Энергия / Energy	Джоуль / Joule	Дж / J
Тепло / Heat	Джоуль / Joule	Дж / J
Мощность / Power	Ватт / Watt	Вт / W

высокоэнергетических фосфатов – аденозинтрифосфата и креатинфосфата, которые запасаются в мышечных клетках.

4. Рекомендации для тренировок

Большинство программ для тренировки или реабилитации ориентированы либо на развитие силы, или на развитие аэробной (сердечно-сосудистой) работоспособности, или на комбинацию этих двух направлений [5]. Так как силовая и аэробная работоспособность расположены на противоположных концах континуума мышечной силы (рисунок), разработка программы должна быть высоко специфичной для выполняемых упражнений. Это включает в себя интенсивность, продолжительность, частоту (ежедневно и еженедельно), и тип упражнений для достижения оптимальных результатов. Силовые программы включают тренировку со свободными весами или использование тренажеров с большим сопротивлением (высоко резистентные), в обоих случаях с небольшим количеством повторений в сете до наступления утомления (в основном, меньше 20). Аэробные тренировки включают упражнения выполняемые продолжительное время (например, 10-40 минут) с высокой мышечной активностью, включающей от ста до тысяч последовательных повторений, что требует доставку кислорода к работающим мышцам. Долговременная физиологическая адаптация и варианты разработанных программ высоко специфичны для типа выполняемой работы.

Выполнение силовых упражнений, главным образом, зависит от включения мышечных волокон 2 типа скелетных мышц (быстро сокращающиеся), которые реагируют на систематические тренировки увеличением площади поперечного сечения, анаэробной метаболической мощности и развитием силы. Аэробные упражнения зависят от мышечных волокон 1 типа скелетных мышц (медленно сокращающиеся) и, используя правильно разработанные программы, можно ожидать усовершенствования как окислительных процессов в клетках, так и способности сердечно-сосудистой системы доставлять кислород.

Используя данные работоспособности испытуемого, отображенные на рисунке 1, можно увидеть, что упражнения для улучшения аэробной производительности и сердечно-сосудистой емкости будут включать диапазон

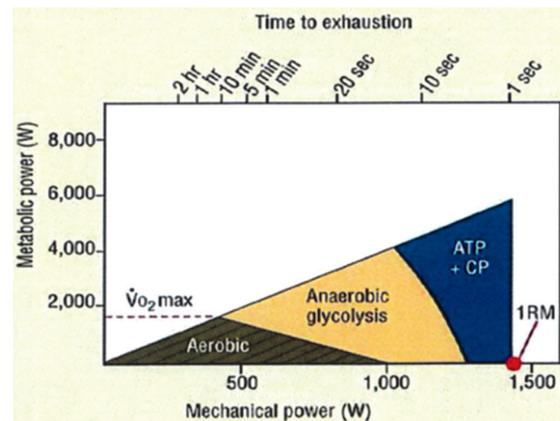


Рис. 1. Соотношение источников метаболизма и механической мощности при выполнении упражнения для ног на циклическом эргометре (60 rpm) у мужчин массой 80 кг. Верхние горизонтальные значения показывают время до истощения при различном уровне мощности работы.

Pic. 1 The ratio of metabolic substrates to mechanical power in the leg exercise in an ergometer-test (60 rpm) in males weighing 80 kg. Upper horizontal values show time to exhaustion at different power levels.

значений мощности от 300 до 450 Вт, которую данный испытуемый может поддерживать в течение времени от нескольких минут до многих часов. Рекомендации для силовых упражнений будут включать выполнение упражнений в диапазоне мощности от 1000 до 1400 Вт (например, 20 ПМ-1 ПМ). Изучение других различных движений и задействованных при их выполнении мышц дает широкий спектр значений мощности и должно определяться методикой тестирования.

Понятие «работа» («work») никогда не должно использоваться как альтернатива понятию «упражнение» («exercise»), потому что в международной системе работа определяется непосредственно как продукт силы и перемещения, а не продолжающейся мышечной деятельности. Термин «объем работы» (work load) не должен использоваться тогда, когда единицы измерения предназначены для определения «мощности» («power») (Ватт). Строгое соблюдение определений международной системы СИ обеспечит стандартизацию терминологии и сделает научную коммуникацию более понятной для мирового научного сообщества.

Список литературы

1. Cavanagh P.R. On «muscle action» vs «muscle contraction» // J. Biomech. 1988. V.21. P. 69.
2. Bureau International des Poids et Mesures Le Systeme International d'Unites (SI). 3rd ed. 1977. France, Sevres.
3. DeLorme T.L. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises // J. Bone Jt Surg. 1945. V.27. P. 645-667.
4. Knuttgen H.G., Patton J.F., Vogel J.A. An ergometer for concentric and eccentric muscular exercise // J. Appl. Physiol. 1982. V.53. P. 784-788.
5. Knuttgen H.G. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast // J. Strength Cond. Res. 2007. V.21. P. 973-978.

References

1. Cavanagh P.R. On «muscle action» vs «muscle contraction». J Biomech. 1988;21:69.
2. Bureau International des Poids et Mesures Le Systeme International d'Unites (SI). 3rd ed. France, Sevres, 1977.
3. DeLorme T.L. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. J Bone Jt Surg. 1945;27:645-667.
4. Knuttgen HG, Patton JF, Vogel JA. An ergometer for concentric and eccentric muscular exercise. J Appl Physiol. 1982;53:784-788.
5. Knuttgen HG. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. J Strength Cond Res. 2007;21:973-978.

Информация об авторе:

Кнуттген Говард Джеральдт, кандидат наук, кафедра восстановительной медицины и реабилитации, Медицинская школа Гарвардского университета, Реабилитационная больница Спаулдинг, Бостон, Массачусетс США (hkknuttgen@partners.org)

Information about the author:

Howard G. Knuttgen, Ph.D. (Biology) Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Harvard University Medical School, Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston, MA, U.S.A. (hkknuttgen@partners.org)

Поступила в редакцию: 03.09.19

Принята к публикации: 07.12.19

Received: 03 September 2019

Accepted: 07 December 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.25

УДК: 796.015.52

Влияние высокоинтенсивной интервальной тренировки на гипертрофию, силу и окислительные способности рабочих мышц спортсменов силовых видов спорта: поперечное исследование

А.Б. Мирошников, В.В. Волков, А.В. Смоленский

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

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить влияние высокоинтенсивной работы на окислительные способности, силу и гипертрофию рабочих мышц у спортсменов силовых видов спорта. **Материалы и методы:** обследованы 35 представителей силовых видов спорта (пауэрлифтинг), средний возраст спортсменов-мужчин – $30 \pm 5,4$ лет. Используются методы: газометрический анализ (определение анаэробного порога и частоты сердечных сокращений на этом уровне, максимальное потребление кислорода и мощности педалирования на максимальном потреблении кислорода, потребление кислорода на анаэробном пороге и максимальном потреблении кислорода), ультрасонографические измерения анатомической площади поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра, оценка максимальной произвольной силы четырехглавой мышцы бедра и методы математической статистики. Спортсмены 3 раза в неделю (120 дней) выполняли тренировку на велоэргометре по следующему протоколу: 7 интервалов на мощности педалирования 100% от максимального потребления кислорода по 2 минуты и интервалы с частотой сердечных сокращений на уровне 85% от анаэробного порога продолжительностью 2 минуты. **Результаты:** после 120 дней тренировок достоверно у спортсменов силовых видов спорта увеличилась на анаэробном пороге мощность работы и потребление кислорода на 22,7 и 14,5% соответственно, а также мощность работы и потребление кислорода на уровне максимального потребления кислорода на 18,5 и 13,6%, соответственно. Также регулярные высокоинтенсивные тренировки на велоэргометре вызывают мышечно-специфическую гипертрофию, что приводит к региональным изменениям четырехглавой мышцы бедра и росте ее силы на 6,5%. **Выводы:** разработанный тренировочный протокол аэробной работы, позволит атлетам эффективно и безопасно влиять на окислительные способности рабочих мышц, при этом не теряя основные силовые показатели.

Ключевые слова: гипертрофия, пауэрлифтинг, силовые виды спорта

Для цитирования: Мирошников А.Б., Волков В.В., Смоленский А.В. Влияние высокоинтенсивной интервальной тренировки на гипертрофию, силу и окислительные способности рабочих мышц спортсменов силовых видов спорта: поперечное исследование // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 25-32. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.25.

The effect of high-intensity interval training on hypertrophy, strength and oxidative capacity of active muscles in power sports athletes: a cross-sectional study

Alexander B. Miroshnikov, Vasily V. Volkov, Andrey V. Smolensky

Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: the purpose of the study was to evaluate how high-intensity interval training affects strength, oxidative capacity and hypertrophy of working muscles in power sports athletes. **Materials and methods:** the study included 35 male power sports athletes (powerlifting), the average age was $30 \pm 5,4$ years. Metabolic exhaled gas analysis (determination of the anaerobic threshold and heart rate, maximum oxygen consumption and pedaling power at the maximum oxygen consumption, oxygen consumption at the anaerobic threshold and maximum oxygen consumption), ultrasonographic measurements of the anatomical cross-sectional area of the quadriceps femoris, the assessment of the maximum strength of the quadriceps femoris and methods of mathematical statistics were utilized. Athletes were subject to bicycle ergometry testing 3 times a week during 120 days according to the following protocol: 7 intervals with pedaling power of 100% of the maximum oxygen consumption for 2 min, and intervals with a heart rate of 85% of the anaerobic threshold for 2 min. **Results:** after 120 days of training, power athletes significantly increased the anaerobic threshold, power and

oxygen consumption by 22,7 and 14,5%, respectively, as well as power and oxygen consumption at the level of maximum oxygen consumption by 18,5 and 13,6%, respectively. Regular high-intensity training on a bicycle ergometer causes muscle-specific hypertrophy, which leads to regional changes in the quadriceps femoris muscle and an increase in its strength by 6,5%. **Conclusions:** the aerobic workout training protocol that we developed allows athletes to effectively and safely increase the oxidizing capacities of active muscles, while not losing their main strength indicators.

Key words: hypertrophy, powerlifting, power sports

For citation: Miroshnikov AB, Volkov VV, Smolensky AV. The effect of high-intensity interval training on hypertrophy, strength and oxidative capacity of active muscles in power sports athletes: a cross-sectional study. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2019;9(4):25-32. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.25.

1. Введение

Хорошо известно, что низкие показатели работоспособности при велоэргометрическом тестировании связаны с повышенной смертностью в том числе и от сердечно-сосудистых заболеваний, а также с повышенным риском диагностики в будущем ишемической болезни сердца, сердечной недостаточности и ранней госпитализации [1]. Также известно, что силовая тренировка увеличивает размер гликолитических мышечных волокон с одновременным уменьшением содержания окислительных ферментов, плотности капилляров, митохондрий и развитием концентрической гипертрофии левого желудочка – все это может быть причиной развития гипертонической болезни у спортсменов силовых видов спорта [2]. Американский Колледж Спортивной Медицины, Европейское Общество Гипертонии и Европейское Общество Кардиологов рекомендуют аэробную работу, как основной вид физической активности с целью профилактики/лечения сердечно-сосудистых заболеваний и гипертонической болезни [3]. Однако в тренировочных программах спортсменов силовых видов спорта аэробная нагрузка практически отсутствует.

Мета-анализ Wilson JM и соавторов показал, что симультанная мышечная деятельность (тренировка выносливости и силовая тренировка), приводит к снижению силы, гипертрофии и мощности работы [4]. Однако тренировка на выносливость (endurance training), зачастую, представляет собой лишь один из немногих подходов к развитию выносливости и традиционно включает в себя непрерывную мышечную деятельность ≥ 20 минут аэробных упражнений (например, бег, езда на велосипеде, гребля). Напротив, высокоинтенсивная интервальная тренировка (ВИИТ) включает в себя короткие многократные аэробные упражнения с высокой интенсивностью и с периодами восстановления между ними. Мета-анализ Sabag A и соавторов показал, что одновременный ВИИТ и силовая работа не оказывает негативного влияния на гипертрофию или силу верхней части тела, и что любое возможное негативное влияние на силу мышц нижних конечностей может быть уменьшено путем включения, основанного на беге ВИИТ и более продолжительных интермодальных периодов отдыха [5]. Также многие исследователи показали, что высокоинтенсивная аэробная тренировка способствует гипертрофии рабочих мышц [6] и сопоставимому с силовой тренировкой росту силовых и мощностных показателей [7]. Однако неизвестно, как ВИИТ влияет на

силу, гипертрофию и окислительные способности рабочих мышц и возможно ли создать протокол ВИИТ для одновременного развития этих качеств. На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов спортивных врачей, тренеров и спортсменов силовых видов спорта была сформулирована цель исследования.

Цель исследования – оценить влияние высокоинтенсивной работа на окислительные способности, силу и гипертрофию рабочих мышц у спортсменов силовых видов спорта.

Задачи исследования:

- 1) изучить влияние ВИИТ на одновременное развитие силы, гипертрофии и окислительных способностей рабочих мышц в научной периодике;
- 2) исследовать как влияет ВИИТ на силовые показатели и гипертрофию рабочих мышц у спортсменов силовых видов спорта;
- 3) оценить, как влияет ВИИТ на окислительные способности рабочих мышц.

2. Материалы и методы

Исследование проходило на базе кафедры спортивной медицины РГУФКСМиГ. Обследованы 35 мужчин, представителей силовых видов спорта (пауэрлифтинг), имеющих спортивную квалификацию кандидата в мастера спорта (КМС) и мастера спорта (МС), тяжелых весовых категорий (масса тела – $105,3 \pm 5,3$ кг). Средний возраст спортсменов – $30 \pm 5,4$ лет. Все спортсмены дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании согласно Хельсинкской декларации. У всех спортсменов перед началом и по окончании исследования проводили комплексное обследование: опрос, осмотр, газометрический анализ (определение анаэробного порога (АнП) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) на этом уровне, максимальное потребление кислорода (МПК) и мощности педалирования на МПК, потребление кислорода (ПК) на АнП и МПК), ультрасонографические измерения анатомической площади поперечного сечения (ППС) четырехглавой мышцы бедра, оценка максимальной произвольной силы четырехглавой мышцы бедра.

Эргоспирометрия. Ступенчатый тест выполняли на велоэргометре «MONARK 839 E» (Monark AB, Швеция), нагрузку задавали, начиная с 20 Вт с прибавлением по 20 Вт каждые 2 мин. Газометрический анализ проводили с использованием газоанализатора «CORTEX» (Meta Control 3000, Германия), выполняющего измерение по-

требления кислорода и выделения углекислого газа от вдоха к выдоху. ЧСС и R-R интервалы фиксировали с помощью монитора сердечного ритма «POLAR RS800» (Финляндия). Тест выполняли в темпе $75 \text{ об} \cdot \text{мин}^{-1}$ до определения МПК, АП [8, 9], ЧСС на уровне АП и мощности педалирования на МПК.

Ультрасонографические измерения. У всех участников проведены ультрасонографические измерения анатомической площади поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра до внедрения тренировочного протокола, а также еще два контрольных замера брались с интервалом в 30 дней. Измерения выполняли через 5-6 дней после последней тренировки, чтобы предотвратить влияние отека на размер мышцы. ППС четырехглавой мышцы бедра оценивалась в состоянии покоя с помощью ультразвуковой визуализации В-режима с линейным датчиком 1,6-5,0 МГц, длиной сканирующей поверхности 65 мм и шириной 17 мм (модель Vivid 7 Dimensio/Vivid 7 PRO, General Electric). Для лучшего акустического сцепления сканирующую поверхность датчика и кожную поверхность мышцы покрывали специальным гелем, и датчик ориентировали по средне-сагиттальной оси мышцы. Проводили эхографию всех четырех головок мышцы. Зона расположения датчика для эхолокации – на расстоянии 13 и 25 см проксимально от основания надколенника по передней, передне-внутренней и передненаружной поверхности бедра. Все измерения проводились на правой ноге после того, как испытуемые находились в положении лежа на спине в течение 20 мин, чтобы обеспечить возможность сдвига жидкости. Во время ультразвуковых исследований испытуемых инструктировали – «полностью расслабить мышцы конечности», с положением коленного сустава близко к полному разгибанию. Во время сканирования применяли минимальное давление датчика на кожные покровы, чтобы избежать давления на мышцу. Полученные изображения записывались на жесткий диск с формированием файла для дальнейшего анализа. По данным исследований цифровых значений эхограмм всех четырех порций определяли степень выраженности гипертрофии четырехглавой мышцы бедра.

Оценка максимальной произвольной силы четырехглавой мышцы бедра. Оценка максимальной произвольной силы четырехглавой мышцы бедра была выполнена с помощью теста на один повторный максимум (1ПМ), используя односуставное упражнение разгибание голени, сидя в тренажере (HOIST RS-1401, США). Все сеансы тестирования проводили утром, в одно и то же время суток. Участники выполняли упражнение с заданным 2 секундным темпом, как для концентрической, так и эксцентрической фазы. Им рекомендовано избегать утомительных упражнений и занятий спортом в течение 48 часов перед каждым тестированием. Важным аспектом тестирования с отягощением было то, что подходы выполнялись до мышечного отказа, определяемым как неспособность выполнить концентрическую фазу

сокращения мышц. Во время первого дня тестирования после 5-минутной разминки на велоэргометре и демонстрации правильной техники выполнения упражнения проведены испытания на максимальное количество повторений, измеренных для определенной нагрузки, после чего использовалось прогностическое уравнение для расчёта $1\text{ПМ} = \text{BrzyskiM} : 1\text{ПМ} (\text{кг}) = \text{Вес отягощений} (\text{кг}) / (1,0278 - 0,0278 \cdot \text{количество повторений} (\text{кг}))$ [10]. На второй процедуре после разминки, интенсивность нагрузки была установлена на уровне 90% от расчетного 1ПМ и увеличивалась на 2,5-5,0% после каждого успешного подъема, до потери возможности у субъекта выполнить концентрическую фазу в полной амплитуде движения. Периоды отдыха между подходами составляли 2-3 мин, 1 ПМ при разгибании голени в настоящем исследовании обычно достигался в течение 3-4 попыток у всех участников. Повторение было действительным, если субъект мог выполнить его подконтрольно без посторонней помощи. Все измерения выполнены на правой ноге, и все процедуры испытаний выполнены одним и тем же исследователем.

Протоколы физической активности. Спортсмены тренировались 120 дней (3 раза в неделю) по следующему протоколу: к традиционной силовой работе была добавлена аэробная работа на велоэргометре, 7 высокоинтенсивных интервалов (на мощности педалирования 100% от МПК) по 2 минуты и низкоинтенсивные интервалы с ЧСС на уровне 75% от АП продолжительностью 2 минуты. Время тренировочной сессии составляло 28 минут. Спортсмены исключили на время исследования все силовые упражнения на четырехглавую мышцу бедра.

3. Результаты и их обсуждение

Адаптивный ответ митохондриального содержимого мышц на регулярно выполняемые упражнения был впервые убедительно продемонстрирован Holloszy JO в его классической публикации в 1967 году. Он продемонстрировал, что высокоинтенсивные тренировки могут привести к значительному увеличению уровня окислительных ферментов, а также к умеренным изменениям в составе митохондрий (т.е., к более плотным упаковкам белков транспортной электронной цепи) [11]. Позже ряд исследований подтвердил, что наилучшей корреляцией между любым физиологическим параметром и выносливостью является митохондриальное содержимое мышцы [12]. Известно, что окислительная способность мышц определяется в первую очередь митохондриальной окислительной способностью, которая, в свою очередь, определяется доставкой кислорода, окислительным ферментативным механизмом и транспортной цепью электронов, локализованной в кристах митохондрий, и аэробная тренировка повышает окислительные способности рабочих мышц за счет сильного расширения митохондриальной сети и увеличенной площади поверхности крист в пределах митохондрий [13]. Многие исследователи отметили, что ВИИТ (несмотря на

короткий мышечный стимул) заставляет рекрутировать все мышечные волокна в рабочей мышце, что приводит к убедительным изменениям в митохондриальном содержимом всей активной мышцы [14-16]. После 120 дней тренировок достоверно у спортсменов силовых видов спорта увеличилась на АНП мощность работы и потребление кислорода на 22,7 и 14,5% соответственно (табл. 1).

Также мощность работы и потребление кислорода на уровне МПК увеличились на 18,5 и 13,6%, соответственно. Напротив, митохондриальная адаптация к тренировкам с отягощениями показывает обратные результаты (исходя из начальных данных окислительных способностей спортсменов силовых видов спорта). Оригинальные исследования показали, что, хотя стимул, вызванный такой тренировкой, вызывал большие изменения в уровнях миофибрилярного белка и гипертрофии мышечных волокон, практически не наблюдалось изменений в митохондриальном содержимом, что приводило к «разбавлению» митохондриального содержимого в растущем волокне. Эта адаптация является физиологически невыгодной, поскольку разбавление митохондриального содержимого увеличивает диффузионное расстояние между капилляром и митохондриальным местоположением, что может привести к ухудшению показателей выносливости и работоспособности [17]. В некоторых исследованиях сообщалось, что после тренировок с отягощениями неизменными были значения МПК [18], а также неизменная [19] или более низкая плотность митохондрий, активность окислительных ферментов и плотность капилляров в гипертрофированных мышцах [20, 21].

Через 120 дней ВИИТ на велоэргометре, наблюдали увеличение ППС четырехглавой мышцы бедра, что было статистически значимо на расстоянии 13 см и 25 см от основания надколенника (табл. 2, 3).

В сравнительном анализе гипертрофии четырех головок в разных зонах расположения датчика для эколо-

кации были получены достоверные различия в гипертрофии: *musculus rectus femoris*, *musculus vastus medialis* и недостоверные различия в мышечных группах: *musculus vastus lateralis*, *musculus vastus intermedius* (табл. 4)

Многие исследователи обнаружили более выраженную анатомическую ППС четырехглавой мышцы бедра у опытных велосипедистов по сравнению с нетренированными субъектами или увеличение ППС или объема мышц после циклических тренировок в течение 6-12 недель [22, 23]. Однако другие исследователи не обнаруживают гипертрофию рабочих мышц в результате циклической мышечной деятельности [24, 25]. Вышеуказанное несоответствие может быть связано с неоднородной гипертрофией мышц бедра по всей ее длине [26, 27], потому что ППС в одном регионе не точно представляет весь объем рабочих мышц [28]. Например, Narici и соавторы [29] продемонстрировали, что относительное увеличение ППС четырехглавой мышцы бедра было больше в проксимальной части, чем в дистальных областях после тренировки с разгибанием колена. Две возможные причины региональных различий в мышечной гипертрофии были предложены специалистами: 1) различия в мышечной активации и 2) различия в синтезе сократительного белка [30].

4. Выводы

1. Анализ и обобщение источников современной научной литературы позволил нам ответить на ключевые вопросы относительно того, может ли высокоинтенсивная аэробная тренировка создать первичные стимулы для гипертрофии скелетных мышц и способны ли мышцы увеличивать свои размеры и становиться сильнее при сохранении окислительных способностей. Наш тезис относительно способности циклической тренировки выше анаэробного порога вызывать гипертрофию рабочих мышц подтверждается рядом исследований [6, 22, 29, 31, 32], однако одновременный рост при этом окислительных способностей недостаточно изучен.

Таблица 1

Показатели газометрического тестирования спортсменов силовых видов спорта

Table 1

Indicators of gasometric testing of athletes of power sports

N=35	Анаэробный порог / Anaerobic threshold			Максимальное потребление кислорода / Maximal oxygen consumption		
	До исследования / Before the experiment	После исследования / After the experiment	Δ	До исследования / Before the experiment	После исследования / After the experiment	Δ
Мощность, (Вт/кг) / Power (W/kg)	2,2±0,3	2,7±0,3	+0,5*	2,7±0,2	3,2±0,2	+0,5*
Потребление кислорода (мл/кг) / Oxygen consumption (ml/kg)	26,9±2,5	30,8±1,8	+3,9*	31,5±2,5	35,8±1,2	+4,3*

Примечание: * – статистически значимые различия показателей с исходным уровнем (p<0,05).

Note: * – highlights significant differences compared to the start level (p<0,05).

Таблица 2

**Площадь поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра:
зона расположения датчика для эхолокации – на расстоянии 13 см от основания надколенника**

Table 2

The cross-sectional area of the quadriceps femoris: ultrasound probe placed at a distance of 13 cm from the base of the patella

Название мышц / Muscle	До исследования (см ²) / Before experiment (cm ²)	Через 120 дней (см ²) / After 120 days (cm ²)	Δ
<i>Musculus rectus femoris</i>	4,3±0,6	7,24±0,55	+2,94*
<i>Musculus vastus medialis</i>	23,18±1,52	25,74±1,43	+2,56*
<i>Musculus vastus lateralis</i>	31,6±2,6	43,62±2,55	+12,01*
<i>Musculus vastus intermedius</i>	20,42±1,42	25,36±1,2	+4,94*

Примечание: * – статистически значимые различия показателей с исходным уровнем (p<0,05).

Note: * – highlights significant differences compared to the start level (p<0,05).

Таблица 3

**Площадь поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра:
зона расположения датчика для эхолокации – на расстоянии 25 см от основания надколенника**

Table 3

The cross-sectional area of the quadriceps femoris: ultrasound probe placed at a distance of 25 cm from the base of the patella

Название мышц / Muscle	До исследования (см ²) / Before experiment (cm ²)	Через 120 дней (см ²) / After 120 days (cm ²)	Δ
<i>Musculus rectus femoris</i>	18,95±1,52	24,58±1,28	+5,62*
<i>Musculus vastus medialis</i>	9,37±1,53	16,5±1,43	+7,12*
<i>Musculus vastus lateralis</i>	42,77±3,5	55,54±3,49	+12,76*
<i>Musculus vastus intermedius</i>	23,41±2,44	28,53±2,43	+5,12*

Примечание: * – статистически значимые различия показателей с исходным уровнем (p<0,05).

Note: * – highlights significant differences compared to the start level (p<0,05).

Таблица 4

**Сравнительный анализ площади поперечного сечения четырехглавой мышцы бедра:
зоны расположения датчика для эхолокации – на расстоянии 13 и 25 см от основания надколенника**

Table 4

The cross-sectional area of the quadriceps femoris: ultrasound probe placed at a distance of 13 and 25 cm from the base of the patella

Название мышц / Muscle	Зона эхолокации – 13 см (см ²) / Ultrasound probe placement – 13 cm from the patella base (cm ²)	Зона эхолокации – 25 см (см ²) / Ultrasound probe placement – 25 cm from the patella base (cm ²)	Δ
<i>Musculus rectus femoris</i>	2,94	5,62	2,68*
<i>Musculus vastus medialis</i>	2,56	7,12	4,56*
<i>Musculus vastus lateralis</i>	12,01	12,76	0,75
<i>Musculus vastus intermedius</i>	4,94	5,12	0,18

Примечание: * – статистически значимые различия сравниваемых показателей (p < 0,05).

Note: * – highlights significant differences compared to the the start level (p<0,05).

2. Регулярные высокоинтенсивные тренировки на велоэргометре вызывают мышечно-специфическую гипертрофию, что приводит к региональным изменениям четырехглавой мышцы бедра и росте ее силы на 6,5%. Эти уникальные мышечные изменения могут быть обусловлены избирательным использованием определенных мышц во время езды на велосипеде, а также частично из-за различий в количестве суставов, которые мышцы пересекают. Принимая езду на велосипеде в качестве упражнения, направленного на увеличение мышечной массы бедра, спортсмены и тренеры должны учитывать специфику региональной гипертрофии рабочих мышц.

3. Поскольку высокоинтенсивная аэробная тренировка рекрутирует аналогичные высокопороговые мышечные волокна, что и силовая, и оба вида физической активности предлагают мышцам одинаковые стимулы для создания хронических физиологических адаптаций, как для кардиореспираторной работоспособности, так

для роста силы и мышечной гипертрофии [33], то необходимо включить ВИИТ для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний спортсменам силовых видов спорта. Наше исследование показывает, что ВИИТ в течение 120 дней продемонстрировал увеличение роста окислительных способностей рабочих мышц (МПК увеличились на 13,6%) и это увеличение сопровождалось ростом четырехглавой мышцы бедра и приростом силовых показателей. Разработанный нами тренировочный протокол аэробной работы, построенный с учетом метаболических переменных, позволит атлетам эффективно и безопасно влиять на окислительные способности рабочих мышц, при этом не теряя основные силовые показатели. Дальнейшей приоритетной областью является проведение педагогической работы среди атлетов силовых видов спорта на предмет включения аэробных велоэргометрических сессий в тренировочные протоколы.

Список литературы

1. Lindow T, Brudin L, Elmberg V, Ekström M. Long-term follow-up of patients undergoing standardized bicycle exercise stress testing: new recommendations for grading of exercise capacity are clinically relevant // *Clin Physiol Funct Imaging* 2020 Mar 27;40(2):83-90. DOI: 10.1111/cpf.12606.
2. Tesch PA. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1988. Vol.20, №5. P. 132-134.
3. Mancía G, De Backer G, Dominiczak A. European Guidelines for the management of arterial hypertension // *Eur. Heart J.* 2007. Vol.28. P. 1462-1536.
4. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises // *J Strength Cond Res.* 2012 Aug; Vol.26, № 8. P. 2293-2307. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d.
5. Sabag A, Najafi A, Michael S, Esgin T, Halaki M, Hackett D. The compatibility of concurrent high intensity interval training and resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis // *J Sports Sci.* 2018 Nov. Vol.36, №21. P. 2472-2483. DOI:10.1080/02640414.2018.1464636.
6. Nuell S, Illera-Domínguez VR, Carmona G, Alomar X, Padullés JM, Lloret M, Cadefau JA. Hypertrophic muscle changes and sprint performance enhancement during a sprint-based training macrocycle in national-level sprinters // *Eur J Sport Sci.* 2019, P. 1-10. DOI: 10.1080/17461391.2019.1668063.
7. Kristoffersen M, Sandbakk Ø, Rønnestad BR, Gundersen H. Comparison of Short-Sprint and Heavy Strength Training on Cycling Performance // *Front Physiol.* 2019. Vol.10, P. 1132. DOI: 10.3389/fphys.2019.01132.
8. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange // *J Appl Physiol.* 1986. Vol.60, № 6. P.2020-2027. DOI:10.1152/jappl.1986.60.6.2020.
9. Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JE, Fernández-Elías VE, Mora-Rodríguez R. Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists // *PLoS One.* 2016. Vol.11, №9. P. 1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0163389.
10. Brzycki M. Strength testing: prediction of one-rep max from reps-to-fatigue // *J Health Phys Educ Rec Dance.* 1993. Vol.64. P. 88-90. DOI:10.1080/07303084.1993.10606684.

References

1. Lindow T, Brudin L, Elmberg V, Ekström M. Long-term follow-up of patients undergoing standardized bicycle exercise stress testing - New recommendations for grading of exercise capacity are clinically relevant. *Clin Physiol Funct Imaging* 2020 Mar 27;40(2):83-90. DOI: 10.1111/cpf.12606.
2. Tesch PA. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1988;20(5):132-134.
3. Mancía G, De Backer G, Dominiczak A. European Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur. Heart J.* 2007;28:1462-1536.
4. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2012;26(8):2293-307. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d.
5. Sabag A, Najafi A, Michael S, Esgin T, Halaki M, Hackett D. The compatibility of concurrent high intensity interval training and resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci.* 2018;36(21):2472-2483. DOI:10.1080/02640414.2018.1464636.
6. Nuell S, Illera-Domínguez VR, Carmona G, Alomar X, Padullés JM, Lloret M, Cadefau JA. Hypertrophic muscle changes and sprint performance enhancement during a sprint-based training macrocycle in national-level sprinters. *Eur J Sport Sci.* 2019;26:1-10. DOI: 10.1080/17461391.2019.1668063.
7. Kristoffersen M, Sandbakk Ø, Rønnestad BR, Gundersen H. Comparison of Short-Sprint and Heavy Strength Training on Cycling Performance. *Front Physiol.* 2019 Aug;28(10):1132. DOI: 10.3389/fphys.2019.01132.
8. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol.* 1986;60(6):2020-2027. DOI:10.1152/jappl.1986.60.6.2020.
9. Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JE, Fernández-Elías VE, Mora-Rodríguez R. Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PLoS One.* 2016;11(9):1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0163389.
10. Brzycki M. Strength testing: prediction of one-rep max from reps-to-fatigue. *J Health Phys Educ Rec Dance.* 1993;64:88-90. DOI:10.1080/07303084.1993.10606684.

11. **Holloszy JO.** Biochemical Adaptations in Muscle // *J Biol Chem.* 1967. Vol.242, №9. P. 2278-2282.
12. **Oliveira AN, Hood DA.** Exercise is Mitochondrial Medicine for Muscle // *Sports Medicine and Health Science.* 2019. №1(1). P. 11-18.
13. **Nielsen J, Gejl KD, Hey-Mogensen M, Holmberg HC, Suetta C, Krstrup P, Elemans CPH, Ørtenblad N.** Plasticity in mitochondrial cristae density allows metabolic capacity modulation in human skeletal muscle // *J Physiol.* 2017. Vol.595, № 9. P. 2839-2847. DOI:10.1113/JP273040
14. **Bartlett JD, Hwa Joo C, Jeong TS, Louhelainen J, Cochran AJ, Gibala MJ, Gregson W, Close GL, Drust B, Morton JP.** Matched work high-intensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle // *J Appl Physiol.* 2012. Vol.112, №7. P. 1135-1143. DOI: 10.1152/jappphysiol.01040.2011.
15. **Gibala MJ, Little JP.** Physiological basis of brief vigorous exercise to improve health // *J Physiol.* 2019. P.1-22. DOI: 10.1113/JP276849.
16. **MacInnis MJ, Gibala MJ.** Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity // *J Physiol.* 2017. Vol.595, №9. P. 2915-2930. DOI: 10.1113/JP273196.
17. **Groennebaek T, Vissing K.** Impact of resistance training on skeletal muscle mitochondrial biogenesis, content, and function // *Front Physiol.* 2017. Vol.15, №8. P. 713. DOI: 10.3389/fphys.2017.00713.
18. **Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT, McEniery M, Carey MF.** The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics // *Med Sci Sports Exerc.* 1999. Vol.31. P. 886-891. DOI: 10.1097/00005768-199906000-00018.
19. **Green H, Goreham C, Ouyang J, Ball-Burnett M, Ranney D.** Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1999. Vol.76. P. 591-R596. DOI: 10.1152/ajpregu.1999.276.2.R591.
20. **Tesch PA, Thorsson A, Essen-Gustavsson B.** Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes // *J Appl Physiol.* 1989. Vol.67. P. 83-87. DOI: 10.1152/jappl.1989.67.1.83.
21. **Tesch PA, Thorsson A, Kaiser P.** Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and power lifters // *J Appl Physiol.* 1984. Vol.56. P. 35-38. DOI: 10.1152/jappl.1984.56.1.35.
22. **Harber MP, Konopka AR, Udem MK, Hinkley JM, Minchev K, Kaminsky LA, Trappe TA, Trappe S.** Aerobic exercise training induces skeletal muscle hypertrophy and age-dependent adaptations in myofiber function in young and older men // *J Appl Physiol.* 2012. Vol.113. P. 1495-1504. DOI: 10.1152/jappphysiol.00786.2012.
23. **McPhee JS, Williams AG, Degens H, Jones DA.** Inter-individual variability in adaptation of the leg muscles following a standardised endurance training programme in young women // *Eur J Appl Physiol.* 2010. Vol.109. P. 1111-1118. DOI: 10.1007/s00421-010-1454-2.
24. **Farup J, Kjølhede T, Sørensen H, Dalgas U, Møller AB, Vestergaard PF, Ringgaard S, Bojsen-Møller J, Vissing K.** Muscle morphological and strength adaptations to endurance vs. resistance training // *J Strength Cond Res.* 2012. Vol.26. P.398-407. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318225a26f
25. **Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T.** Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists // *Eur J Appl Physiol.* 2010. Vol.108. P.965-975. DOI: 10.1007/s00421-009-1307-z.
11. **Holloszy JO.** Biochemical Adaptations in Muscle. *J Biol Chem.* 1967;242(9):2278-2282.
12. **Oliveira AN, Hood DA.** Exercise is Mitochondrial Medicine for Muscle. *Sports Medicine and Health Science.* 2019;1(1): 11-18.
13. **Nielsen J, Gejl KD, Hey-Mogensen M, Holmberg HC, Suetta C, Krstrup P, Elemans CPH, Ørtenblad N.** Plasticity in mitochondrial cristae density allows metabolic capacity modulation in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2017;595(9):2839-2847. DOI:10.1113/JP273040.
14. **Bartlett JD, Hwa Joo C, Jeong TS, Louhelainen J, Cochran AJ, Gibala MJ, Gregson W, Close GL, Drust B, Morton JP.** Matched work high-intensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2012;112(7):1135-1143. DOI: 10.1152/jappphysiol.01040.2011.
15. **Gibala MJ, Little JP.** Physiological basis of brief vigorous exercise to improve health. *J Physiol.* 2019:1-22. DOI: 10.1113/JP276849.
16. **MacInnis MJ, Gibala MJ.** Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol.* 2017;595(9):2915-2930. DOI: 10.1113/JP273196.
17. **Groennebaek T, Vissing K.** Impact of resistance training on skeletal muscle mitochondrial biogenesis, content, and function. *Front Physiol.* 2017;15(8):713. DOI: 10.3389/fphys.2017.00713.
18. **Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT, McEniery M, Carey MF.** The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(6):886-891. DOI: 10.1097/00005768-199906000-00018.
19. **Green H, Goreham C, Ouyang J, Ball-Burnett M, Ranney D.** Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1999;276:591-596. DOI: 10.1152/ajpregu.1999.276.2.R591.
20. **Tesch PA, Thorsson A, Essen-Gustavsson B.** Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes. *J Appl Physiol.* 1989;67(1):83-87. DOI: 10.1152/jappl.1989.67.1.83.
21. **Tesch PA, Thorsson A, Kaiser P.** Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and power lifters. *J Appl Physiol.* 1984;56(1):35-38. DOI: 10.1152/jappl.1984.56.1.35.
22. **Harber MP, Konopka AR, Udem MK, Hinkley JM, Minchev K, Kaminsky LA, Trappe TA, Trappe S.** Aerobic exercise training induces skeletal muscle hypertrophy and age-dependent adaptations in myofiber function in young and older men. *J Appl Physiol.* 2012;113(9):1495-1504. DOI: 10.1152/jappphysiol.00786.2012.
23. **McPhee JS, Williams AG, Degens H, Jones DA.** Inter-individual variability in adaptation of the leg muscles following a standardised endurance training programme in young women. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(6):1111-1118. DOI: 10.1007/s00421-010-1454-2.
24. **Farup J, Kjølhede T, Sørensen H, Dalgas U, Møller AB, Vestergaard PF, Ringgaard S, Bojsen-Møller J, Vissing K.** Muscle morphological and strength adaptations to endurance vs. resistance training. *J Strength Cond Res.* 2012;26:398-407. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318225a26f.
25. **Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T.** Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):965-975. DOI: 10.1007/s00421-009-1307-z.

26. **Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y.** Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training // *Eur J Appl Physiol.* 2013. Vol.113. P. 2691-2703. DOI: 10.1007/s00421-013-2700-1.

27. **Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flück M, Williams J, Mitchell WK, Selby A, Beltran Valls RM, Narici MV.** Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle // *Acta Physiol.* 2014. Vol.210. P. 642-654. DOI: 10.1111/apha.12225.

28. **Roman WJ, Fleckenstein J, Stray-Gundersen J, Alway SE, Peshock R, Gonyea WJ.** Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training // *J Appl Physiol.* 1993. Vol.74. P. 750-754. DOI: 10.1152/jappl.1993.74.2.750.

29. **Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P.** Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps // *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989. Vol.59, №4. P. 310-319. DOI: 10.1007/BF02388334.

30. **Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P.** Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training // *Acta Physiol Scand.* 1996. Vol.157, №2. P. 175-186. DOI: 10.1046/j.1365-201X.1996.483230000.x.

31. **Hudelmaier M, Wirth W, Himmer M, Ring-Dimitriou S, Sänger A, Eckstein F.** Effect of exercise intervention on thigh muscle volume and anatomical cross-sectional areas: quantitative assessment using MRI // *Magn Reson Med.* 2010. Vol.64, №2. P. 1713-1720. DOI: 10.1002/mrm.22550.

32. **Izquierdo M, Häkkinen K, Ibáñez J, Kraemer WJ, Gorostiaga EM.** Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men // *Eur J Appl Physiol.* 2005. Vol.94, №1. P. 70-75. DOI: 10.1007/s00421-004-1280-5.

33. **Steele J, Butler A, Comerford Z, Dyer J, Lloyd N, Ward J, Fisher J, Gentil P, Scott C, Ozaki H.** Similar acute physiological responses from effort and duration matched leg press and recumbent cycling tasks // *Peer J.* 2018. Vol.28, №6. P. 1-28. DOI: 10.7717/peerj.4403.

26. **Ema R, Wakahara T, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y.** Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. *Eur J Appl Physiol.* 2013 Nov;113(11):2691-2703. DOI: 10.1007/s00421-013-2700-1.

27. **Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flück M, Williams J, Mitchell WK, Selby A, Beltran Valls RM, Narici MV.** Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol.* 2014;210:642-654. DOI: 10.1111/apha.12225.

28. **Roman WJ, Fleckenstein J, Stray-Gundersen J, Alway SE, Peshock R, Gonyea WJ.** Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. *J Appl Physiol.* 1993;74:750-754. DOI: 10.1152/jappl.1993.74.2.750.

29. **Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P.** Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;59(4):310-319. DOI: 10.1007/BF02388334.

30. **Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P.** Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand.* 1996;157(2):175-186. DOI: 10.1046/j.1365-201X.1996.483230000.x.

31. **Hudelmaier M, Wirth W, Himmer M, Ring-Dimitriou S, Sänger A, Eckstein F.** Effect of exercise intervention on thigh muscle volume and anatomical cross-sectional areas: quantitative assessment using MRI. *Magn Reson Med.* 2010;64(6):1713-1720. DOI: 10.1002/mrm.22550.

32. **Izquierdo M, Häkkinen K, Ibáñez J, Kraemer WJ, Gorostiaga EM.** Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(1-2):70-5. DOI: 10.1007/s00421-004-1280-5.

33. **Steele J, Butler A, Comerford Z, Dyer J, Lloyd N, Ward J, Fisher J, Gentil P, Scott C, Ozaki H.** Similar acute physiological responses from effort and duration matched leg press and recumbent cycling tasks. *Peer J.* 2018;28(6):1-28. DOI: 10.7717/peerj.4403.

Информация об авторах:

Мирошников Александр Борисович, доцент кафедры спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ Минспорта России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0002-4030-0302 (+7 (985) 125-12-23, benedikt116@mail.ru)

Волков Василий Васильевич, аспирант кафедры спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ Минспорта России. ORCID ID: 0000-0001-6055-6519

Смоленский Андрей Вадимович, заведующий кафедры спортивной медицины ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ Минспорта России, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-5663-9936

Information about the authors:

Alexander B. Miroshnikov, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0002-4030-0302 (+7 (985) 125-12-23, benedikt116@mail.ru)

Vasily V. Volkov, Graduate student of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0001-6055-6519

Andrey V. Smolensky, MD, D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Sports Medicine of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism. ORCID ID: 0000-0001-5663-9936

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 23.09.2019

Принята к публикации: 28.11.2019

Received: 23 September 2019

Accepted: 28 November 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33

УДК: 616.7.008

Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата

*М.П. Потапнев¹, Г.М. Загородный², С.И. Кривенко³, В.Г. Богдан⁴, А.О. Свирский¹,
А.С. Ясюкевич², В.И. Асаевич¹, Д.В. Букач⁵, О.Л. Эйсмонт⁵*

¹Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий, Минск, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр спорта, Минск, Беларусь

³Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Беларусь

⁴Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

⁵Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Минск, Беларусь

РЕЗЮМЕ

В обзоре литературы представлены данные о новом направлении в лечении спортивных травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата – использовании собственной плазмы, обогащенной тромбоцитами плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов (PRP/ПОРФТ). PRP/ПОРФТ оказывает противовоспалительное, обезболивающее, антикатаболическое и регенеративное действие при локальном введении в область поражения. Рассмотрены вопросы технологий приготовления и клинического применения PRP/ПОРФТ. Дан анализ результатов клинических наблюдений по её использованию в спортивной медицине и повреждениях опорно-двигательного аппарата. Показана клиническая эффективность 2-3 кратного введения PRP/ПОРФТ в область травмы или повреждения мышц, связок, суставов. Наиболее эффективно было использование PRP/ПОРФТ при лечении эпикондилита локтевого сустава и остеоартрита. Не выявлено достоверной эффективности применения PRP/ПОРФТ при повреждениях ахиллова сухожилия. Отмечен наибольший клинический эффект применения PRP/ПОРФТ при травмах и заболеваниях опорно-двигательного аппарата на начальных этапах лечения, а также при проведении реабилитационных курсов терапии.

Ключевые слова: плазма, обогащенная тромбоцитами/плазма, обогащенная растворимыми факторами тромбоцитов, спортивные травмы, заболевания, опорно-двигательный аппарат

Для цитирования: Потапнев М.П., Загородный Г.М., Кривенко С.И., Богдан В.Г., Свирский А.О., Ясюкевич А.С., Асаевич В.И., Букач Д.В., Эйсмонт О.Л. Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 33-45. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33.

Modern aspects of the use of plasma enriched in soluble platelet factors in the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system

*Michael P. Potapnev¹, Gennady M. Zagorodny², Svetlana I. Krivenko³, Vasilii G. Bogdan⁴,
Anton O. Svirsky¹, Andrei S. Yasyukevich², Vadim I. Asaevich², Dmitry V. Bukach⁵, Oleg L. Eismont⁵*

¹Republican Scientific and Practical Center of Transfusiology and Medical Biotechnologies, Minsk, Belarus

²Republican Scientific and Practical Center of sports, Minsk, Belarus

³Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology, Minsk, Belarus

⁴Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

⁵Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics, Minsk, Belarus

ABSTRACT

The review of literature presents the new direction in the treatment of sports injuries and diseases of the musculoskeletal system – using of autologous platelet-rich plasma/plasma enriched in soluble platelet factors (PRP/PORFT). PRP/PORFT reveals anti-inflammatory, analgesic, anticatabolic and regenerative effects after local injection to affected area. Technology of preparation and clinical application of PRP/PORFT were under consideration. There were described the results of clinical studies on PRP/PORFT application in sports medicine and damage of musculoskeletal system. It was shown

the clinical efficacy of 2-3 injections of PRP/PORFT into the area of muscle, ligaments, joints injury. Most effective use of PRP/PORFT was shown for therapy of lateral epicondylitis and osteoarthritis. There were no yet evidences for its efficacy in therapy of patients with damaged Achilles tendon. The best clinical effects of PRP/PORFT use was demonstrated in patients with trauma and damage of musculoskeletal system at the initial stages of treatment, and also as a part of rehabilitation courses.

Key words: platelet-rich plasma/plasma enriched in soluble platelet factors, sports injury, disease, musculoskeletal system

For citation: Potapnev MP, Zagorodny GM, Krivenko SI, Bogdan VG, Svirsky AO, Yasyukevich AS, Asaevich VI, Bukach DV, Eismont OL. Modern aspects of the use of plasma enriched in soluble platelet factors in the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):33-45. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33.

1. Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), интенсивная физическая активность независимо от возраста должна составлять не менее 75 минут в неделю. Она показана как здоровым, так и пациентам, страдающим различными заболеваниями. Это обеспечивает снижение смертности (от всех причин) на 30% [1]. В то же время спортивный травматизм и заболеваемость опорно-двигательного аппарата являются значимыми медицинскими проблемами, инвалидизация от которых за последние 10 лет возросла на 45% [2]. Одним из наиболее распространенных заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) является остеоартрит (ОА), поражающий не менее 13% населения в мире в возрасте старше 60 лет, в том числе в Европе – не менее 39 млн. человек, по данным 2010 года [3, 4]. В США в 2013 году на стационарное лечение 30 млн. пациентов с ОА было потрачено 16,5 млрд. долларов; ОА стал вторым заболеванием по затратности в США, выявляемым у 23% взрослого населения [5]. Травмы мышц у спортсменов составляет 12-16% всех травм, в частности, у футболистов – 30%, у легкоатлетов – 48% [6-8]. В структуре спортивного травматизма в Республике Беларусь преобладают травмы и дегенеративно-дистрофические заболевания коленного сустава [9].

Современные протоколы лечения патологических состояний ОДА включают различные подходы: физические упражнения, снижение массы тела, физиотерапию (ультразвуковую, лазерную, электростимуляцию, микроволновую гипертермию, экстракорпоральную механотерапию/ESWT), гипербарическую оксигенацию, фармакотерапию (нестероидные противовоспалительные препараты, анальгетики, кортикостероиды, Ca²⁺-хелатные соединения, миорелаксанты, актовегин, гомеопатические средства и др.), внутрисуставное введение гиалуроновой кислоты, биотерапию [1, 5, 8, 10-12]. Среди методов биотерапии травм и заболеваний ОДА за последние 20 лет стали использовать инновационные лечебные технологии с использованием мезенхимальных стволовых клеток, хондроцитов, теноцитов, продукты крови и плаценты [1, 13]. Среди новых методов наибольший интерес привлекло применение плазмы, обогащенной тромбоцитами плазмы /platelet-rich plasma (PRP)/, обогащенная растворимыми факторами тромбоцитов (ПОРФТ). Интерес к ней со стороны спортивной медицины начался в 2003 году, когда М. Sanchez с соавторами [14] впервые показали ее эффективность

при лечении повреждения суставного хряща у футболиста. На сегодняшний день, как считается, только в США ежегодно инъекции PRP/ПОРФТ получают не менее 86 000 спортсменов [15]. Учитывая её антикатаболические свойства, в 2010 году она была включена, но затем в 2011 году исключена ВАДА из листа запрещенных препаратов для применения у спортсменов. Широкое применение PRP/ПОРФТ при травмах и заболеваниях ОДА пока не дало однозначных результатов. Это связывают как с отсутствием единой стандартизации технологии получения и конечного продукта, а также режима клинического его применения. Тем не менее, применение PRP/ПОРФТ при лечении патологии опорно-двигательного аппарата постоянно расширяется и приобретает новую доказательную базу своей перспективности в качестве средства лечения.

2. Механизмы терапевтического действия

Несмотря на то, что в составе PRP/ПОРФТ входят до 300 биологически активных веществ, выделить основные из них затруднительно из-за их каскадного действия и наблюдаемого пролонгированного клинического эффекта [3, 16-22]. Благоприятный терапевтический ответ при травмах и заболеваниях ОДА зависит от факторов, обладающих противовоспалительным, обезболивающим, антикатаболическим, миорегенеративным, антифибротическим, хондропротективным, остеорегенеративным действием. Противовоспалительное действие PRP/ПОРФТ связывают с фактором роста гепатоцитов (HGF), трансформирующим ростовым фактором-бета (TGF-β1), инсулиноподобным ростовым фактором (IGF-1), тромбоцитарным ростовым фактором (PDGF-BB) и белками плазмы – альбумином, альфа 1-антитрипсином, альфа-2-макроглобулином, активированным протеином С [18], а также антагонистом рецептора интерлейкина-1 типа I/IL-1 Ra. PRP/ПОРФТ вызывает локальное накопление макрофагов M2, обладающих противовоспалительным действием [21, 22]. Отмечают, что повышенное содержание лейкоцитов во взвеси тромбоцитов при приготовлении PRP/ПОРФТ приводит к увеличению содержания провоспалительных факторов (интерлейкин-1-бета/ИЛ-1β, ИЛ-6, фактора некроза опухолей-альфа/ФНО-α) [19]. Обезболивающий эффект ПОТ/ПОРФТ связан с его противовоспалительным действием, снижающим локальный отек тканей и уровень молекул повреждения (DAMPs) поврежденных тканей. Также в составе PRP/ПОРФТ содержатся нейротропные ростовые факторы (BDNF, PDGF-BB, FGF-β, IGF-1), поддерживающие

выживание, пролиферацию и регенерацию нервных клеток [5, 17].

Анти-катаболическое (анаболическое) действие PRP/ПОРФТ связывают с присутствием ростовых факторов, обеспечивающих выживание, подавление апоптоза, стимуляцию пролиферации клеток костной, мышечной система, связок [3, 19, 21, 23, 24]. Одновременно наблюдается подавление продукции цитокинов и других медиаторов (ферментов, продуктов некроза, DAMPs) воспалительного процесса, вызывающих катаболические процессы в поврежденных тканях при травмах и заболеваниях ОДА.

Миорегенеративное действие PRP/ПОРФТ заключается в активации сателлитных клеток и миобластов, повышенной экспрессии в них миогенных регуляторных факторов, что приводит к образованию миофибрилл, защищает миоциты от апоптоза. Такие свойства показаны для PDGF, HGF, IGF-1, VEGF. Эффект PRP/ПОРФТ может быть прямым или опосредованным M2 макрофагами [13, 22, 25, 26]. Полноценное восстановление мышечных волокон в очаге повреждения тормозится формированием TGF- β 1-зависимого фиброза как результата продуктивного воспаления и участия фибробластов и мезенхимальных стволовых клеток. Поэтому обычно вместе с PRP/ПОРФТ применяют лозартан (losartan), блокирующий экспрессию TGF- β 1 [13]. PRP/ПОРФТ тормозит превращение фибробластов в миофибробласты, ведущих к образованию рубцовой ткани [20]. Восстановление связочного аппарата после повреждения продолжается, протекает длительно (до 4 недель) в связи с низким содержанием клеток-предшественниц, слабым регенеративным потенциалом и метаболизмом, ограниченным кровотоком, формированием рубцовой соединительной ткани за счет повышенной активности теноцитов продуцировать коллаген III вместо коллагена I [26, 27]. Под действием ПОТ/ПОРФТ происходит стимуляция пролиферации теноцитов, дифференцировка клеток-предшественниц, подавления медиаторов воспаления (цитокинов, матриксных металлопротеаз) [13, 26-28]. При этом показано участие bFGF, IGF-I, BMP, CTGF, VEGF, TGF- β , PDGF, EGF [17, 24]. PRP/ПОРФТ повышает плотность коллагеновых волокон и восстанавливается архитектура связок. Кортикостероиды, оказывая локальное противовоспалительное действие, направляют дифференцировку клеток-предшественниц не в сторону образования теноцитов, а в сторону образования жировых и хрящеподобных клеток [27].

Хондропротективное действие PRP/ПОРФТ важно при ее применении у пациентов с повреждением или заболеванием суставов. Терапевтический эффект PRP/ПОРФТ на поврежденные суставы связан с ее противовоспалительным действием (см. выше), опосредованным подавлением ИЛ-1 β -зависимого и NF- κ B-зависимого путей активации клеток, хондропротективного анти-апоптотического и проанаболического действия IGF-1 и TGF- β , ангиогенного действия FGF- β и VEGF, хемо-

таксического действия SDF-1 α и дифференцировочных кофакторов в отношении стволовых и клеток-предшественниц, антипротеазного действия белков плазмы [3, 5, 26]. Аналогичное действие оказывают ростовые факторы, входящие в состав PRP/ПОРФТ, в отношении подлежащей костной ткани, поврежденной в результате травмы или заболевания [19, 23].

3. Приготовление PRP/ПОРФТ

Существует не менее 17 протоколов получения PRP/ПОРФТ [26, 27]. На их основе разработаны не менее 40 коммерческих систем для получения PRP/ПОРФТ из цельной крови для использования в травматологии и ортопедии [19, 20]. Стандартно рекомендуется концентрировать тромбоциты в 5-6 раз для достижения эффективной концентрации не менее $1,0 \cdot 10^9$ в мл с оптимумом около $1,5 \cdot 10^9$ в мл [3, 19, 20, 30, 31]. С учетом того, что одной инъекции PRP/ПОРФТ при спортивных травмах (около 3 мл на инъекцию) или заболеваниях (остеоартрите) коленного сустава (около 5 мл на инъекцию) недостаточно, объем забираемой аутологичной периферической крови составляет около 50-60 мл [19, 23, 32-35]. Этого достаточно для проведения курса из 2-3 инъекций и получения положительного клинического ответа. Стандартно используют 2-этапное центрифугирование [29], где на первом этапе (200-600 г) получают плазму, обогащенную тромбоцитами, на втором этапе ее концентрируют в 4-6 раз (800-1200 г) для получения искомой концентрации тромбоцитов (в коммерческих системах чаще используют одноэтапное центрифугирование). Дальнейшая техника использования PRP/ПОРФТ предполагает ее непосредственное введение (с живыми тромбоцитами) в область повреждения, либо процедуру замораживания-оттаивания с последующим осаждением клеточного детрита путем центрифугирования при 700-2300 г. С учетом предпочтительного использования тромбоцитов, обедненных лейкоцитами, для получения PRP/ПОРФТ, предварительно пациенту проводят общий анализ крови и не забирают кровь, если содержание лейкоцитов (за счет нейтрофилов) превышает норму (выше $9 \cdot 10^6$ в мл). Ряд коммерческих систем позволяют получить обедненную лейкоцитами PRP/ПОРФТ. Применение активатора тромбоцитов (хлорида или глюконата кальция, тромбина) обсуждается, но мало используется. Хранение PRP/ПОРФТ рекомендуется в замороженном состоянии в течение до 5 месяцев при температуре -20 °C, в течение до 24 месяцев – при температуре -30 °C и ниже без потери биологической активности [36]. Альтернативой получения от пациента рассматривают получение аллогенной PRP/ПОРФТ от здоровых молодых людей [22, 35].

4. Применение PRP/ПОРФТ при травмах мышц

Использование PRP/ПОРФТ в спортивной медицине при повреждении мышц до 2011 года сдерживалось запретом Антидопингового агентства (ВАДА) в связи с содержанием в его составе ростовых факторов, рас-

смагиваемых самостоятельно в качестве допинга [15]. После пересмотра Списка ВАДА стало возможным широко использовать PRP/ПОРФТ с целью восстановления спортсменов, получивших травмы мышц. В одном из таких исследований сравнили применение PRP/ПОРФТ со стандартной терапией (15/15 человек). Как показано, после одной инъекции PRP/ПОРФТ в область поражения под контролем ультразвукового исследования в течение 28 дней наблюдения болевой синдром уменьшился по шкале VAS на 93%, в контроле – 80%. На 7 и 14 дни наблюдения при применении PRP/ПОРФТ достоверно был выше уровень силы и размах движения. В среднем, время возврата к тренировочному процессу составило $10 \pm 1,2$ дня в группе лиц, получавших PRP/ПОРФТ и $22 \pm 1,5$ дня в группе лиц, получавших стандартную терапию [37]. В другом исследовании введение 1-2 раза 3 мл PRP/ПОРФТ, полученного аппаратным методом (Harvest Smart PReP2, USA), позволило сократить на 30% (7-10 дней) время полного восстановления 6 профессиональных футболистов без побочных эффектов [38]. У 28 атлетов с повреждением двуглавой мышцы бедра 2-й степени показано, что применение PRP/ПОРФТ (3 мл, 1 раз) сокращало время возврата к спортивной деятельности с $42,5 \pm 20,6$ дней до $26,7 \pm 7,0$ дней, а также эффективнее снижало болевой синдром [33]. Инъекции PRP/ПОРФТ (1 мл, 3 раза через неделю) были эффективны в программе реабилитации 53 спортсменов с травмами мышц, устранению болевого синдрома и возвращению к спортивной активности в течение 30 дней [39]. А. Navanic соавторами [19] отмечают влияние PRP/ПОРФТ на заживление разрывов вращательной манжеты плечевого сустава, вызывая ее эффективность по снижению болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде (при разрыве мышц III-IV степени) и улучшение силовых показателей (по динамометрии) через 3 месяца лечения. Эффект был менее значимым на поздних сроках наблюдения (6, 14, 26 месяца) и при повторных разрывах мышц. Считается, что PRP/ПОРФТ наиболее эффективен на ранних этапах послеоперационного заживления повреждения вращательной манжеты плечевого сустава. L. Rossic соавторами [8] оценили эффективность однократного применения PRP/ПОРФТ у 34 спортсменов с повреждением мышц II степени у спортсменов, проходящих реабилитационное лечение (группа I), в сравнении с контрольной группой, состоящей из 38 спортсменов, не получавших PRP/ПОРФТ (группа II). Среднее время возвращения в спортивную деятельность для спортсменов I составило 21,1 дня, для спортсменов II группы – 25 дней. Появление боли после возвращения к тренировочному процессу наблюдалось у 5,7% и 10% спортсменов соответственно ($p > 0,05$). Другие авторы отмечают, что применение PRP/ПОРФТ в лечении повреждений двуглавой мышцы бедра сопровождается отсутствием побочных эффектов и приводит к сокращению в 2 раза сроков восстановления функции мышц и возвращению к спортивной деятельности, сни-

жению частоты повторных травм. В то же время имеются исследования, которые не подтверждают эффективность применения PRP/ПОРФТ по сравнению со стандартной терапией и программой реабилитации спортсменов [7]. P. Borrione с соавторами [40] изучили эффективность однократного введения аутологичной PRP/ПОРФТ (P4-x-B β по PAW-классификации; конечная концентрация тромбоцитов – $761,43 \pm 62,48 \cdot 10^3$ /мкл) при повреждениях дистальной головки икроножной мышцы II-III степени. Пациенты контрольной группы (n=30) приступили к активным физическим упражнениям через $17 \pm 7,2$ дня, а пациенты, получавшие PRP/ПОРФТ (n=31) – через $9 \pm 3,8$ дня ($p=0,0001$). Время возврата к прогулкам без боли составило соответственно $52,4 \pm 20,03$ дня и $24,27 \pm 12,36$ дня; время возврата к занятию спортом – соответственно $119,3 \pm 43,87$ дня и $53,33 \pm 27,74$ дня. Таким образом, в большей части проведенных клинических исследований применение PRP/ПОРФТ при повреждении мышц оказывал благоприятный эффект, проявлявшийся в раннем снижении болевого синдрома, более ранним срокам восстановления функций мышц, в части случаев – снижении частоты повторных травм. При этом вопрос стандартизации процедуры получения PRP/ПОРФТ и схем его введения продолжает вызывать дискуссию [8].

5. Применение PRP/ПОРФТ при травмах связок и сухожилий

PRP/ПОРФТ при травмах сухожилий и связок применяются чаще, чем при травмах мышц в связи с их низким регенеративным потенциалом и большей доказательной базой его клинического применения [2, 10, 16, 27, 41]. Применение PRP/ПОРФТ обеспечило снижение болевого синдрома более чем в 50% случаев при тендинопатиях/тендинитах [27]. Наиболее обоснованным считается применение PRP/ПОРФТ при эпикондилите локтевого сустава, менее доказанным является терапевтический эффект PRP/ПОРФТ при повреждении вращательной манжеты и передней крестообразной связки, а также ахиллового сухожилия [27, 41]. Одним из первых было исследование А. Mishrac соавторов [42], использовавшими PRP/ПОРФТ, полученного из 60 мл периферической крови с помощью аппарата GPS System (USA), при лечении хронического эпикондилита плеча пациентов, не подвергавшихся хирургическому лечению. Однократное локальное введение 3 мл PRP/ПОРФТ с использованием техники многократного введения в сухожилие через 1 кожную инъекцию привело к снижению у 15 пациентов болевого синдрома (по шкале VAS) на 60% через 8 недель, в то время как в контроле (применение обезболивающего бупивакаина с эпинефрином) – на 16%. Через 6 месяцев снижение болевого синдрома в группе PRP/ПОРФТ составило 81%, а концу наблюдения (в среднем через 25,6 месяца) – 93%. В исследованиях Gosens с соавторами [43] провели оценку клинической эффективности однократного введения 3 мл (1мл – в болевую точку, 2 мл – по ходу сухожилия PRP/ПОРФТ

у 51 пациента с боковым эпикондилитом в сравнении с 49 пациентами, получавшими триамцинолон. Оценку проводили по 25% редукции показателей по шкалам VAS (оценка боли) и DASH (утрата трудоспособности), сохраняющихся в течение 1 или 2 лет. Показано, что исходные данные и оцениваемые показатели групп пациентов на начальных этапах заживления (4-12 недель) были сопоставимы. Через 1 год положительный клинический эффект наблюдался у 37 из 51 пациента (73%), получавших PRP/ПОРФТ, и у 24 из 49 пациентов (49%), получавших триамцинолон. По шкале VAS пациенты имели $25,9 \pm 30,6$ и $48,8 \pm 27$ баллов, по шкале DASH – $20,0 \pm 23,5$ и $36,8 \pm 24$ баллов соответственно. Через 2 года успешной была расценена эффективность лечения у 39 пациентов, получавших PRP/ПОРФТ, и у 21 пациента, получавших кортикостероиды. В среднем пациенты группы PRP/ПОРФТ по шкале VAS имели $21,3 \pm 28,1$ баллов, а пациенты, получавшие кортикостероиды, – $42,4 \pm 26,8$ баллов. По шкале DASH – $17,6 \pm 24$ и $36,5 \pm 23,8$ баллов соответственно. Сравнение с кортикостероидами показало преимущество однократного локального введения PRP/ПОРФТ по снижению показателей боли и показателю нетрудоспособности через 6 недель после введения пациентам с латеральным эпикондилитом (эпикондилит теннисиста, $n=30$) и подошвенным фасциитом ($n=30$) [44]. С. Sohn с соавторами [30] отметили, что применение PRP/ПОРФТ при боковом эпикондилите (однократное введение, 3 мл) в сроки наблюдения 4 и 8 недель достоверно более эффективно снимало болевой синдром по сравнению с обезволивающими фармпрепаратами (бупивакаин, эпинефрин). В то же время локальное применение PRP/ПОРФТ при повреждении Ахиллово сухожилия не показало достоверно лучших результатов лечения по сравнению с другими консервативными методами лечения [19, 30]. Совершенствование техники введения позволила снизить уровень неудовлетворительного результата лечения пациентов ($n=40$) с повреждением Ахиллово сухожилия к 3 месяцам наблюдения до 37,5% пациентов и до 20% – к 6 месяцам наблюдения. При этом показатель VAS в покое снизился с исходного $2,4 \pm 1,1$ до $1,3 \pm 0,8$ и $0,9 \pm 0,7$, а в активном состоянии – с исходного $5,5 \pm 1$ до $3,1 \pm 1,9$ и $2,6 \pm 2,2$ соответственно [45]. Повреждение передней крестообразной связки коленного сустава и применение PRP/ПОРФТ в сочетании с хирургическим лечением позволило сократить сроки заживления в 2 раза, при этом введение проводили в острый период (в течение 2-5 дней после повреждения) [19]. Также PRP/ПОРФТ успешно применялась для лечения повреждения боковых связок локтевого сустава хоккеистов [46]. Ее использование дважды через 3 и 9 дней после травмы в комплексе с мерами реабилитации, что позволило вернуть спортсменов в игру через 31-43 дня. Отмечено, что применение PRP/ПОРФТ было эффективно при аналогичной травме у спортсменов – копьёметателей со средним сроком возвращения к полноценным тренировкам через 12 недель

и полным восстановлением физической активности у 30 из 34 атлетов (88%) в отличие от хирургического восстановления, требующего до 1 года восстановления. У баскетболистов с аналогичным повреждением применение 1-3 инъекций PRP/ПОРФТ привело к восстановлению спортивной формы в течение 12 недель у 67% спортсменов. Показана возможность эффективного применения PRP/ПОРФТ, полученного 8-кратным концентрированием на аппарате GPS Recover System (Biomet Biologics, USA) при лечении повреждения дистального сухожилия бицепса у 12 атлетов после неэффективных 3 курсов реабилитации в течение 8 месяцев с применением противовоспалительных препаратов, кортикостероидов, дозированных физических упражнений [47]. Последующее наблюдение в течение 47 месяцев показало снижение показателей VAS в покое, VAS при нагрузке, повышение показателя динамометрии. Показано, что в результате проведенного лечения эти показатели улучшились с 6 (3-8) до 0,5 (0-2); с 8 (6-9) до 2,5 (0-4); с 14,5 (8-18) до 22 (18-24) соответственно. Все пациенты были удовлетворены полученными результатами. Отмечены следующие ограничения для применения PRP/ПОРФТ: системные болезни, стероидная терапия за прошедшие 3 месяца, полный разрыв сухожилия, хирургическое лечение дистального сухожилия бицепса в анамнезе. В другом исследовании оценили возможность применения PRP/ПОРФТ при хроническом дегенеративном тендините сухожилий вращательной манжеты плеча [48]. При отборе пациентов для лечения противопоказаниями были полный разрыв сухожилий, предварительное хирургическое лечение бицепса и его сухожилий, сахарный диабет. У 9 отобранных пациентов в возрасте 35-60 лет без травм бицепса в анамнезе за последние 3 месяца готовили аутологичную PRP/ПОРФТ с помощью аппарата Harvestsystem (USA) в объеме 4 мл, вводили в зону болезненности. Через 6 месяцев наблюдения у 5 из 7 пациентов, получавших PRP/ПОРФТ и 1 из 2 пациентов, получавших физиологический раствор (контроль) отмечено улучшение показателей по шкале DASH в среднем на 17,3 и 7,5 баллов соответственно. 6 пациентов, получавших PRP/ПОРФТ, и 1 пациент группы контроля улучшили показатели WORC ($+37,7 \pm 22,0$ в группе PRP/ПОРФТ и $+23,5 \pm 30,4$ в группе контроля). Отмечена достоверная положительная динамика и показателей по шкале VAS в группе PRP/ПОРФТ, в отличие от группы контроля. Таким образом, использование PRP/ПОРФТ может быть эффективным как в острой фазе повреждения связочного аппарата, так на этапах реабилитации при хронических дегенеративных тендинитах [10]. Локальное применение PRP/ПОРФТ эффективно при ограниченных повреждениях сухожилий (особенно - на ранних этапах после повреждения), в то же время имеется ряд публикаций, указывающих на недостаточную эффективность однократного применения PRP/ПОРФТ, особенно при повреждении крупных сухожилий.

Обезболивающая способность PRP/ПОРФТ в отношении мышц и сухожилий явилось основанием для ее применения и при болевом синдроме большого вертела. Как показано [49], локальное введение PRP/ПОРФТ в болевую зоны (8 мл) вызывало достоверное снижение болевого синдрома (индекса WOMAC) с 15,5 (14,5-16,8) до 10 (8-12,5), 7,5 (7-10) и 9 (6,5-13) через 1, 3 и 6 месяцев соответственно после введения по сравнению с изменением с 16,6 (16-17) до 13 (12-15), 14,5 (13-16) и 16 (15-17) в те же сроки у пациентов группы контроля, получавших бетаметазон.

6. Применение PRP/ПОРФТ при остеоартрите

Остеоартрит (ОА) широко распространен среди взрослого населения, в том числе в результате занятия спортом в молодые годы [10]. Ключевыми моментами ОА являются синовит, дегградация хряща в результате стерильного воспаления суставов, инициированного эндогенными DAMPs [28]. PRP/ПОРФТ с его противовоспалительными свойствами достаточно широко применяется для лечения ОА [3, 28, 32, 35]. Использование аутологичной сыворотки (АС) крови как производного PRP/ПОРФТ оказалось эффективнее 1% гиалуронана после 1-3 еженедельных интраартикулярных инъекций в полость коленного сустава [50]. Показатели оценки болевого синдрома по шкале VAS при этом снизились с исходного уровня 69,6±13,10 (n=134) до 33,8±23,92 через 7 дней, 29,6±23,14 через 13 недель и 29,5±22,58 через 26 недель после инъекций АС. Показатели боли по шкале VAS при применении 1% гиалуронана снизились с 68,3±12,82 (n=135) до 52,6±23,14; 52,1±22,97 и 49,3±25,90 соответственно. В. Николаев с соавторами [51] применяли трехкратное введение АС внутрь коленного сустава у пациентов с 2-5 рентгенологической стадиями (по А. Larsen) деформации сустава при гонартрозе. Эффективность лечения оценивали через 1-7 месяцев по шкале, разработанной на основе шкал HSS и Knee Society. Получен выраженный положительный клинический эффект, оцененный в 85-98 баллов при исходном состоянии 51-81 балл. G. Filardo с соавторами [52] показали, что три внутрисуставных введения 5 мл PRP/ПОРФТ через 21 день у 91 пациента с ОА показало значительное снижение болевого синдрома через 3, 6, 12 месяцев после последнего введения препарата. Через 24 месяца эффект снижался, но был несколько лучше исходного при оценке. Длительность положительного эффекта PRP/ПОРФТ составила 11±8 месяцев. А. Мастыков с соавт. [53] применили PRP/ПОРФТ при посттравматической хондропатии коленного сустава у 31 пациента в послеоперационном периоде. PRP/ПОРФТ получали из 20 мл периферической крови, вводили 3 раза через неделю интраартикулярно, активировав предварительно тромбоциты с помощью хлорида кальция. Показатели состояния пациента и сустава оценивали по шкале KOOS и составили в группе лиц, получавших комбинированное лечение с применением PRP/ПОРФТ: до лечения – 57,7

(40,3; 74,5), через 2 месяца после лечения – 85,4 (79,9; 90,3), через 6 месяцев после лечения – 86,0 (82,3; 86,9). В контрольной группе пациентов (n= 24) показатели KOOS составили 49,8 (46,6; 59,7), 68,5 (65,4; 71,6) и 77,2 (69,0; 78,9) соответственно. В обзоре А. Khoshbin с соавт. [23] приведены суммарные результаты 6 (4-рандомизированных, 2 – проспективных нерандомизированных) клинических исследований по оценке эффективности и безопасности лечения 264 пациентов с ОА с использованием 3 (2-4) инъекции с перерывом через 1-2-3 недели PRP/ПОРФТ в объеме 5 (3,5-8) мл. В группе контроля были аналогичные пациенты (n=313), получавшие препараты гиалуроновой кислоты (в 5 из 6 исследований) или физиологический раствор хлорида натрия (1 исследование). Полученные данные показали достоверно большую эффективность применения PRP/ПОРФТ при оценке состояния пациентов через 6 месяцев по шкале WOMAC. Отмечена зависимость клинического ответа от возраста (лучшей ответ у более молодых пациентов), тяжести (лучший ответ – при более мягком течении заболевания) и стадии (лучший ответ – на начальных стадиях) заболевания. Не отмечено достоверных отличий от группы контроля при оценке по шкале VAS и шкале общей удовлетворенности пациентов лечением. Среди редких побочных и нежелательных эффектов применения PRP/ПОРФТ отмечены небольшая боль в месте введения, временная неподвижность в суставе, головокружение, головная боль, тошнота, потливость, тахикардия. В исследованиях А. Широкова с соавторами [54] исследовали эффективность внутрисуставного введения PRP/ПОРФТ (5 мл, 2 раза в неделю, 3 недели) 83 женщинам с гонартрозом II-III рентгенологической стадии. Через 3 месяца отмечен значимый положительный эффект (клинический и рентгенологический) у пациентов на ранних стадиях заболевания. С. Milants с соавт. [4] проанализировали клинические исследования, в которых не получено благоприятных результатов клинического применения PRP/ПОРФТ (BRG, n=4), и в которых получены очень хорошие результаты применения PRP/ПОРФТ (VGRG, n=7) при лечении пациентов с ОА. Показано, что техника получения препарата разнообразна, чаще используют аппаратное получение с однократным центрифугированием; объем препарата – обычно 5-8 мл; технику замораживания препарата чаще использовали у пациентов группы BRG; антикоагулянты (цитрат) чаще использовали в группе VGRG; активацию с использованием CaCl₂ использовали одинаково в обеих группах пациентов; почти все пациенты группы VGRG получали препарат, классифицированный как Mishra 4B или PAWP2Bβ, что соответствовало 5-кратной концентрации тромбоцитов (не менее 0,75·10⁹/мл) и сниженной концентрации лейкоцитов. У пациентов с хорошим клиническим результатом (VGRG) использовали 1-2 инъекции препарата, но не 3 на курс лечения; и интервалы между инъекциями 2-3 недели более эффективны, чем 1 неделя. Тем не менее, окончательных рекомендаций ав-

торами не технике получения и применения PRP/ПОРФТ не представлено. К. Su с соавторами [55] предложили комбинировать интраартикулярное и внутрисуставное введение PRP/ПОРФТ при ОА дважды через 2 недели. Показано клиническое преимущество такого введения в сроки через 6, 12 и 18 месяцев по сравнению с введением 6 мл препарата дважды через 2 недели или гиалуроновой кислоты 5 раз (2 мл) через неделю. L. Glynn с соавторами [56] использовали 3-кратное введение 4-5 мл PRP/ПОРФТ через 4 недели у пациентов с ОА. Через 4 недели после последней инъекции только 2 из 12 пациентов имели постоянные боли в суставах (до терапии – 8 из 12). 5 из 11 пациентов были полностью удовлетворены достигнутыми результатами, 5 – частично, 1 – нет. Уровень тотального болевого синдрома снизился с 45,3 баллов (25,0-77,3) до 16,3 баллов (0 – 63,6). Сделан вывод об эффективности терапии с использованием PRP/ПОРФТ при оказании медицинской помощи сельскому населению. Недавно опубликованные данные сравнения эффективности применения PRP/ПОРФТ, гиалуроновой кислоты и физиологического раствора хлорида натрия [57] оценили факторы, влияющие на результаты терапии ОА. Всего лечение проходили 87 пациентов: 31 – с использованием PRP/ПОРФТ, 29 – гиалуроновой кислоты, 27 – физиологического раствора хлорида натрия. Препараты вводили интраартикулярно 1 раз в неделю в течение 3 недель. PRP/ПОРФТ получали с помощью набора Regen Kit-THT (Regen Lab, Швейцария) и вводили пациентам с концентрацией тромбоцитов в 1,8 раз выше исходной в периферической крови. Клиническое состояние пациентов (WOMAC) улучшалось соответственно на 15%, 14% и 12% через 1 месяц после последних инъекций. В дальнейшем значимое улучшение наблюдалось только в группе пациентов, получавших PRP/ПОРФТ и составило 22%, 21% и 16% соответственно на 2, 6 и 12 месяцев. Через 12 месяцев у пациентов, получавших PRP/ПОРФТ, количество баллов по шкале WOMAC, составило $63,71 \pm 20,67$ по сравнению с исходным уровнем $52,81 \pm 18,14$. Аналогичные данные получены при оценке состояния пациентов по шкале IKDC. Из проанализированных факторов возраст пациентов оказался наиболее существенным для эффективности лечения с использованием PRP/ПОРФТ (чем моложе – тем лучше результаты), половая принадлежность отчасти имела значение (для женщин – результаты несколько хуже). Зависимость от стадии заболевания (по шкале Ahlback) имела достоверную значимость только при сравнении II (лучше) и III (хуже) стадий. Зависимости ответа на PRP/ПОРФТ от веса (индекса массы тела) пациента не выявлено. С. Guillibert с соавторами [58] оценили клиническую эффективность применения однократной инъекции PRP/ПОРФТ в объеме $8,8 \pm 1,1$ мл с содержанием $2,5 \pm 0,5$ млрд. тромбоцитов для лечения пациентов с ОА. Через 1, 3 и 6 месяцев положительный ответ на терапию (по шкале OMERACT-OARSI) имели 82,5%; 84,2% и 80,7% пациентов с ОА. Через 6 месяцев

после введения функциональная активность суставов улучшилась с $43,5 \pm 14,3$ до $66,4 \pm 21,7$ баллов по шкале KOOS. Болевой синдром (по шкале VAS) уменьшился с $37,5 \pm 25,1$ до $12,9 \pm 20,9$ баллов ($p < 0,001$) через 6 месяцев после введения PRP/ПОРФТ. В обзоре L. Gato-Calvo с соавторами [35] из 19 отобранных только 9 имели уровень доказательности I рандомизированных клинических исследований. В них сравнивали эффективность интраартикулярного введения PRP/ПОРФТ с гиалуроновой кислотой в лечении ОА. Для получения PRP/ПОРФТ использовали автоматические системы с однократным центрифугированием либо ручной метод с двух/трехкратным центрифугированием, в большей части применяли активацию тромбоцитов CaCl_2 . На одно введение использовали от 2,5 до 8 мл препарата, преимущественно (в 10 из 19 протоколов) – 5-5,5 мл. Количество введений – от 1 до 4, преимущественно (13/19) – 3 введения. Интервалы между введениями – от 1 до 4 недель, преимущественно (10/19) – через 1 неделю. В большинстве исследований отмечен положительный эффект применения ПОТ/ПОРФТ, который выше чем применение гиалуроновой кислоты при сроках оценки результатов до 12 месяцев включительно. Отмечено, что PRP/ПОРФТ более эффективен при «воспалительном» или «механическом» генезе ОА в связи с его преимущественно противовоспалительным и регенеративным потенциалом. Аналогичные данные приводят другие авторы [24], отмечающие пролонгированный клинический эффект даже однократного введения PRP/ПОРФТ по сравнению со стандартными фармпрепаратами.

Учитывая отсутствие стандартизации PRP/ПОРФТ, многие авторы видят перспективу в использовании стандартизованных препаратов аллогенного происхождения [35, 59]. Для снижения уровня иммунологической реакции реципиента используют АВ0- и RhD-совместимые, лейкодеплецированные, облученные и активированные тромбином препараты. При их применении у ортопедических пациентов через 12-14 недель в периферической крови пациентов не было выявлено антител к тромбоцитам или молекулам HLA класса I. Ценностью аллогенной PRP/ПОРФТ является возможность ее использования у пожилых пациентов, от которых получение аутологичного препарата нецелесообразно (из-за сниженной биологической активности) и затруднительно технически. С. Bottegoni с соавторами [59] провели клиническое исследование по терапии раннего или мягкотекущего ОА у 60 пациентов в возрасте 65-86 лет. Пациенты получали 3 инъекции PRP/ПОРФТ в объеме 5 мл через 2 недели при исходной концентрации тромбоцитов $1200-1600 \cdot 10^3/\text{мкл}$, активированных CaCl_2 перед введением. Пациенты хорошо переносили процедуры интраартикулярного введения препарата, небольшие локальные реакции (чувство жара, болезненность) были преходящими у 9 (15%) пациентов. Показано, что снижение болевого синдрома (по шкале VAS) характеризовались показателями $75,5 \pm 11,4$ до лечения, $38,6 \pm 18,1$ че-

рез 2 месяца и $43,2 \pm 19,5$ через 6 месяцев после лечения. Функциональной активности коленного сустава по шкале KOOS составила $46,1 \pm 11,8$ до лечения, $74,0 \pm 15,0$ через 2 месяца и $70,9 \pm 15,3$ через 6 месяцев после лечения. Показатели были хуже у пациентов в возрасте более 80 лет и при Ahlback III стадии заболевания. Сделан вывод об эффективности и безопасности применения аллогенной PRP/ПОРФТ у пожилых пациентов с ОА.

Высокий интерес к применению PRP/ПОРФТ при ОА подтверждается проведением в 2018 году не менее 60 зарегистрированных клинических испытаний в Европе и США с благоприятными результатами во многих исследованиях [35].

7. Заключение

Лечебные гемопродукты на основе тромбоцитов и их растворимых факторов получили широкое распространение за последние 20 лет. Практика их применения в спортивной медицине расширяется благодаря доказанному противовоспалительному, обезболивающему, регенеративному действиям, простоте изготовления и применения, отсутствию противопоказаний, в том

числе и как допингового средства. В практике лечения травм и воспалительных заболеваний опорно-двигательного аппарата человека PRP/ПОРФТ и аналогичные гемопродукты хорошо зарекомендовали себя на ранних этапах заболевания вместо хирургического лечения [5, 20, 32, 35, 41]. В то же время они не включены в руководство по лечению заболеваний в связи с нерешенными вопросами стандартизации лекарственной формы и биологической активности. Перспективы дальнейшего их применения определяются, в том числе, и вопросами регулирования их приготовления и производства с последующей регламентацией их медицинского применения [32, 35]. Попытки применения рекомбинантных форм белков (ростовых факторов, противовоспалительных цитокинов, фермент-связывающих веществ и др.) вместо PRP/ПОРФТ в настоящее время ограничены финансово и их узким спектром биологической активности. Возрастающая потребность применения PRP/ПОРФТ и ее аналогов вместо и вместе с фармпрепаратами и другими средствами лечения травм и заболевания опорно-двигательного аппарата создают новые медицинские перспективы.

Список литературы

1. Andia I, Maffulli N. How far have biological therapies come in regenerative sport medicine? // Expert Opinion on Biological therapy. 2018. Vol.18. №7. P. 785-793.
2. Yang A, Hunter CW, McJunkin TL. PRP therapies (tendons, joints, spine) // Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 749-756.
3. Zhu Y, Yuan M, Meng HY, Wang AY, Guo QY, Wang Y, Peng J. Basic science and clinical application of platelet-rich plasma for cartilage defects and osteoarthritis: a review // Osteoarthritis and cartilage. 2013. Vol.21, P. 1627-1637.
4. Milants C, Bruyere O, Kaux J-F. Responders to platelet-rich plasma in osteoarthritis: a technical analysis // BioMed Research International. 2017. Vol.1. P. 11.
5. Cook CS, Smith PA. Clinical update: why PRP should be your first choice for injection therapy in treating osteoarthritis of the knee // Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2018. Vol.11. P. 583-592.
6. Rossi LA, Romoli ARM, Altieri BAB, Flor JAB, Scordo WE, Elizondo CM. Does Platelet-rich plasma decrease time to return to sports in acute muscle tear? A randomized controlled trial // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2017. Vol.25. P. 3319-3325.
7. Setayesh K, Villarreal A, Gottschalk A, Tokish JM, Choate WS. Treatment of muscle injuries with platelet-rich plasma: a review of the literature // Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2018. Vol.11. P. 636-642.
8. Bisciotti GN, Volpi P, Amato M, Alberti G, Allegra F, Aprato A, Aptina M, Auci A, Bait C, Bastieri GM, Balzarini L, Belli A, Bellini G, Bettinsoli P, Bisciotti A, Bisciotti A, Bona S, Brambilla L, Bresciani M. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete // BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2018. Vol.4. P.e000323.
9. Загородный Г.М., Муха П.Г., Ясюкевич А.С., Гулевич Н.П. Отечественный и зарубежный опыт применения PRP-терапии в медицине и спортивной практике // Прикладная спортивная наука. 2017. №1(5). С. 83-91.

References

1. Andia I, Maffulli N. How far have biological therapies come in regenerative sport medicine? Expert Opinion on Biological therapy. 2018;18(7):785-793.
2. Yang A, Hunter CW, McJunkin TL. PRP therapies (tendons, joints, spine). Deer's treatment of pain. Springer Nature Switzerland AG. 2019;91:749-756.
3. Zhu Y, Yuan M, Meng HY, Wang AY, Guo QY, Wang Y, Peng J. Basic science and clinical application of platelet-rich plasma for cartilage defects and osteoarthritis: a review. Osteoarthritis and cartilage. 2013;21:1627-1637.
4. Milants C, Bruyere O, Kaux J-F. Responders to platelet-rich plasma in osteoarthritis: a technical analysis. BioMed Research International. 2017;(1):1-11. DOI:10.1155/2017/7538604
5. Cook CS, Smith PA. Clinical update: why PRP should be your first choice for injection therapy in treating osteoarthritis of the knee. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2018;11: 583-592.
6. Rossi LA, Romoli ARM, Altieri BAB, Flor JAB, Scordo WE, Elizondo CM. Does Platelet-rich plasma decrease time to return to sports in acute muscle tear? A randomized controlled trial. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2017;25:3319-3325.
7. Setayesh K, Villarreal A, Gottschalk A, Tokish JM, Choate WS. Treatment of muscle injuries with platelet-rich plasma: a review of the literature. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2018;11:636-642.
8. Bisciotti GN, Volpi P, Amato M, Alberti G, Allegra F, Aprato A, Aptina M, Auci A, Bait C, Bastieri GM, Balzarini L, Belli A, Bellini G, Bettinsoli P, Bisciotti A, Bisciotti A, Bona S, Brambilla L, Bresciani M. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2018;4:e000323.
9. Zagorodny GM, Mucha PG, Yasyukevich AS, Gulevich NP. Otechestvennyy i zarubezhnyy opyt primeneniya PRP-terapii v meditsine i sportivnoy praktike (obzor literatury). Prikladnaya sportivnaya nauka. 2017;1(5):83-91. Russian.

10. Cugat R, Cusco X, Srijas R, Barastegui D, Alvarez-Diaz P, Alentorn-Geli E, Rius M, Steinbacher G, Sala E, Boffa JJ, Grossi S, Garcia-Balletbo M, Tizol S, Laiz P. PRGF on sport-related ligament injuries. Platelet rich plasma in orthopaedics and sports medicine. Springer International Publishing AG. 2018. Ch.10. P. 175-188.
11. Ачкасов Е.Е., Литвиненко А.С., Куршев В.В. Ударно-волновая терапия при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата, обусловленных занятием спортом // Вестник восстановительной медицины. 2015. №1 (65). С. 42-50.
12. Цыкунов М.Б. Эффективность тренировки с биологической обратной связью при повреждениях капсульно-связочных структур коленного сустава. // Вестник восстановительной медицины. 2018. №4 (86). С. 29-33.
13. Piuze NS, Dominici M, Long M, Pascual-Garrido C, Rodeo S, Huard J, Guicheux J, McFarland R, Goodrich LR, Maddens S, Robey PG, Bauer TW, Barrett J, Barry F, Karli D, Chu CR, Weiss DJ, Martin I, Jorgensen C, Muschler GF. Proceedings of the signature series symposium «cellular therapies for orthopaedics and musculoskeletal disease proven and unproven therapies – promise, facts and fantasy», international society for cellular therapies, Montreal Canada, May 2, 2018 // Cytotherapy. 2018. Vol.20. P. 1381-1400.
14. Sanchez M, Azofra J, Anitua E, Andia I, Padilla S, Santisteban J, Mujika I. Plasma rich in growth factors to treat an articular cartilage avulsion: a case report // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003. Vol.35. P. 1648-1652.
15. Scully D, Matsakas A. Current insight into the potential misuse of platelet-based applications for doping in sports // International Journal of Sports Medicine. 2019. Vol.40. P. 427-433.
16. Andia I, Abate M. Platelet-rich plasma: underlying biology and clinical correlates // Regenerative Medicine. 2013. Vol.8, №5. P. 645-658.
17. Потапнев М.П., Арабей А.А., Кондратенко Г.Г., Троянов А.А., Космачева С.М., Игнатенко С.И., Кохно Е.А., Данилкович Н.Н., Кривенко С.И., Назарова Е.А., Левандовская О.В., Копецкий И.С., Логинов В.В. Растворимые факторы тромбоцитов и регенеративная медицина // Здоровоохранение. 2014. №9. С. 32-40.
18. Renn T-Y, Kao Y-H, Wang C-C, Burnouf T. Anti-inflammatory effects of platelet biomaterials in a macrophage cellular model // Vox Sanguinis. 2015. Vol.109, №2. P. 138-147.
19. Navani A, Li G, Chrystal J. Platelet rich plasma in musculoskeletal pathology: a necessary rescue or a lost cause? // Pain Physician. 2017. Vol.20. P. e345-e356.
20. Гаин Ю.М., Герасименко М.А., Шахрай С.В., Хрыщанович В.Я., Богдан В.Г., Бордаков П.В., Гаин М.Ю. Возможности и перспективы использования обогащенной тромбоцитами плазмы в хирургии и медицине // Инновационные технологии в медицине. 2017. Т.5, №3. С. 104-124.
21. Lana JF, Huber SC, Purita J, Tambeli CH, Santos GS, Paulus C, Annichino-Bizzachi JM. Leukocyte-rich PRP versus Leukocyte-poor PRP - The role of monocyte / macrophage function in the healing cascade // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. 2019. 13;10(1):7-12. DOI:10.1016/j.jcot.2019.05.008
22. Chelini F, Tani A, Zecchi-Orlandini S, Sassoli C. Influence of platelet-rich and platelet-poor plasma on endogenous mechanisms of skeletal muscle repair/regeneration // International Journal of Molecular Science. 2019. Vol.20. P.683.
23. Khoshbin A, Leroux T, Wasserstein D, Mark P, Theodoropoulos J, Ogilvie-Harris D, Gandhi R, Takhar K, Kin B, Lum G, Chahal J. The efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of symptomatic knee osteoarthritis: a systemic review with quantitative synthesis // Arthroscopy. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2013. Vol.29, №12. P. 2037-2048.
10. Cugat R, Cusco X, Srijas R, Barastegui D, Alvarez-Diaz P, Alentorn-Geli E, Rius M, Steinbacher G, Sala E, Boffa JJ, Grossi S, Garcia-Balletbo M, Tizol S, Laiz P. PRGF on sport-related ligament injuries. Platelet rich plasma in orthopaedics and sports medicine. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. 2018;10:175-188.
11. Achkasov EE, Litvinenko AS, Kurshev VV. Shockwave therapy in diseases and injuries of the musculoskeletal system due sports. Bulletin of rehabilitation medicine. 2015;1(65):42-50. Russian.
12. Tsykunov MB. The effectiveness of training with biological feedback for damage capsular-ligament structures of the knee joint. Bulletin of rehabilitation medicine. 2018;4(86):29-33. Russian.
13. Piuze NS, Dominici M, Long M, Pascual-Garrido C, Rodeo S, Huard J, Guicheux J, McFarland R, Goodrich LR, Maddens S, Robey PG, Bauer TW, Barrett J, Barry F, Karli D, Chu CR, Weiss DJ, Martin I, Jorgensen C, Muschler GF. Proceedings of the signature series symposium «cellular therapies for orthopaedics and musculoskeletal disease proven and unproven therapies – promise, facts and fantasy», international society for cellular therapies, Montreal Canada, May 2, 2018. Cytotherapy. 2018;20:1381-1400.
14. Sanchez M, Azofra J, Anitua E, Andia I, Padilla S, Santisteban J, Mujika I. Plasma rich in growth factors to treat an articular cartilage avulsion: a case report. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35:1648-1652.
15. Scully D, Matsakas A. Current insight into the potential misuse of platelet-based applications for doping in sports. International Journal of Sports Medicine. 2019;40:427-433.
16. Andia I, Abate M. Platelet-rich plasma: underlying biology and clinical correlates. Regenerative Medicine. 2013;8(5):645-658.
17. Potapnev MP, Arabey AA, Kondratenko GG, Troyanov AA, Kosmacheva SM, Ihnatsenko SI, Kakhno AA, Danilkovich NN, Krivenko SI, Nazarova EA, Levandovskaya OV, Kopetski IS, Loginov VV. Soluble preparations of platelet growth factors and their medical implementation Zdravookhraneniye (Minsk) (Healthcare). 2014;9:32-40. Russian.
18. Renn TY, Kao YH, Wang CC, Burnouf T. Anti-inflammatory effects of platelet biomaterials in a macrophage cellular model. Vox Sanguinis. 2015;109(2):138-147.
19. Navani A, Li G, Chrystal J. Platelet rich plasma in musculoskeletal pathology: a necessary rescue or a lost cause? Pain Physician. 2017;20:345-356.
20. Gain YM, Gerasimenko MA, Shakhrai SV, Hrischanovich VY, Bogdan VG, Bordakov PV, Gain MY. Possibilities and prospects of platelet rich plasma in surgery and medicine. Innovative technologies in medicine. 2017;5(3):104-124. Russian.
21. Lana JF, Huber SC, Purita J, Tambeli CH, Santos GS, Paulus C, Annichino-Bizzachi JM. Leukocyte-rich PRP versus Leukocyte-poor PRP - The role of monocyte/macrophage function in the healing cascade. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. 2013;13;10(1):S7-S12. DOI:10.1016/j.jcot.2019.05.008
22. Chelini F, Tani A, Zecchi-Orlandini S, Sassoli C. Influence of platelet-rich and platelet-poor plasma on endogenous mechanisms of skeletal muscle repair/regeneration. International Journal of Molecular Science. 2019;20:683.
23. Khoshbin A, Leroux T, Wasserstein D, Mark P, Theodoropoulos J, Ogilvie-Harris D, Gandhi R, Takhar K, Kin B, Lum G, Chahal J. The efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of symptomatic knee osteoarthritis: a systemic review with quantitative synthesis. Arthroscopy. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2013;29(12):2037-2048.

24. O'Connel B, Wragg NM, Wilson SL. The use of PRP injections in the management of knee osteoarthritis // *Cell and Tissue Research*. 2019. Vol.376. P. 143-152.
25. Saclier M, Cuvellier S, Magnan M, Mounier R, Chazaud B. Monocyte / macrophage interactions with myogenic precursor cells during skeletal muscle regeneration // *FEBS Journal*. 2013. Vol.280. P. 4118-4130.
26. Stratos I, Mittlmeier T. Muscle, ligament and tendon regeneration. In book: *Regenerative Medicine – from protocol to patient*. Springer Int. Publ. Switzerland. 2016. Ch. 11. P. 349-366. DOI: 10.1007/978-3-319-28386-9_11
27. Andia I, Latorre PM, Gomez MC, Burgos-Alonso N, Abate M, Maffulli N. Platelet-rich plasma in the conservative treatment of painful tendinopathy: a systemic review and meta-analysis of controlled studies // *British Medical Bulletin*. 2014. Vol.110. P. 99-115.
28. Andia I, Maffulli N. Platelet-rich plasma for managing pain and inflammation of osteoarthritis // *Nature Reviews. Rheumatology*. 2013. Vol.9. P. 721-730.
29. Потапнев М.П., Кривенко С.И., Богдан В.Г., Космачева С.М., Шляга О.Л., Карпенко Ф.Н. Плазма крови, обогащенная растворимыми факторами тромбоцитов: получение, стандартизация, медицинское применение // *Здравоохранение*. 2018. №10 (859). С.38-44.
30. Gholami M, Ravaghi H, Salehi M, Yekta AA, Doaee S, Jaafariipooyan E. A systemic review and meta-analysis of the application of platelet-rich plasma in sports medicine // *Electronic Physician*. 2016. Vol.8, №5. P. 2325-2332.
31. Piccin A, Di Pierro A.M, Canzian L, Primerano M, Corvetta D, Negri G, Mazzoleni G, Gastl G, Steurer M, Gentilini I, Eisendle K, Fontanella F. Platelet gel: a new therapeutic tool with great potential // *Blood Transfusion*, 2017. Vol.15. P. 33-340.
32. Cohn CS, Lockhart E, McCullough JJ. The use of autologous platelet-rich plasma in the orthopedic setting // *Transfusion*. 2015. Vol.55. P. 1812-1820.
33. Hamid MSA, Ali MRM, Yusof A, George J, Lee LPC. Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial // *The American Journal of Sports Medicine*. 2014. Vol.42, №10. P. 2410-2418.
34. Scott A, LaPrade RF, Harmon K.G, Filardo G, Kon E, Della Villa S, Bahr R, Moksnes H, Torgalsen T, Lee J, Drago J, Engebretsen L. Platelet-rich plasma for patellar tendinopathy. A randomized controlled trial of leukocyte-rich PRP or leukocyte-poor PRP versus saline // *The American Journal of Sports Medicine*. 2019. Vol.47, №7. P.1654-1661.
35. Gato-Calvo L, Magalhaes J, Ruiz-Romero C, Blanco FJ, Burguera EF. Platelet-rich plasma: review of current evidence // *Therapeutic Advances in Chronic Disease*. 2019. Vol.10. P. 1-18.
36. Strunk D, Lozano M, Marks DC, Loh YS, Gstraunthaler G, Schennach H, Rohde E, Laner-Plamberger S, Oller M, Nystedt J, Lotfi R, Rojewski M, Schrezenmeier H, Bieback K, Schafer R, Bakchout T, Waidmann M, Jonsdottir-Buch SM, Montazeri H, Sigurjonsson OE, Iudicone P, Fioravanti D, Pierelli L, Introna M, Capelli C, Falanga A, Takanishi M, Lopez-Villar O, Burnouf T, Reems JA, Pierce J, Prestal AM, Schallmoser K. International forum on GMP-grade human platelet lysate for cell propagation: summary // *Vox Sanguinis*. 2018. Vol.113. P. 80-87.
37. Bubnov R, Yevseenko V, Semeniv I. Ultrasound guided injections of platelet rich plasma for muscle injury in professional athletes. Comparative study // *Medical Ultrasonography*. 2013. Vol.15, №2. P. 101-105.
38. Medvedev AV, Kholodkova OL, Borysova OV, Bahchevan OL. The effectiveness of platelet-rich plasma (PRP)
24. O'Connel B, Wragg NM, Wilson SL. The use of PRP injections in the management of knee osteoarthritis. *Cell and Tissue Research*. 2019;376:143-152.
25. Saclier M, Cuvellier S, Magnan M, Mounier R, Chazaud B. Monocyte/macrophage interactions with myogenic precursor cells during skeletal muscle regeneration. *FEBS Journal*. 2013;280:4118-4130.
26. Stratos I, Mittlmeier T. Muscle, ligament and tendon regeneration. In book: *Regenerative Medicine – from protocol to patient*. Springer Int. Publ. Switzerland. 2016;11:349-366. DOI: 10.1007/978-3-319-28386-9_11
27. Andia I, Latorre PM, Gomez MC, Burgos-Alonso N, Abate M, Maffulli N. Platelet-rich plasma in the conservative treatment of painful tendinopathy: a systemic review and meta-analysis of controlled studies. *British Medical Bulletin*. 2014;110:99-115.
28. Andia I, Maffulli N. Platelet-rich plasma for managing pain and inflammation of osteoarthritis. *Nature Reviews. Rheumatology*. 2013;9:721-730.
29. Potapnev MP, Krivenko SI, Bogdan VG, Kosmacheva SM, Shlyaga OL, Karpenko FN. Platelet-rich derived plasma: manufacture and medical application. *Zdravookhraneniye (Minsk) (Healthcare)*. 2018;10(859):38-44. Russian.
30. Gholami M, Ravaghi H, Salehi M, Yekta AA, Doaee S, Jaafariipooyan E. A systemic review and meta-analysis of the application of platelet-rich plasma in sports medicine. *Electronic Physician*. 2016;8(5):2325-2332.
31. Piccin A, Di Pierro AM, Canzian L, Primerano M, Corvetta D, Negri G, Mazzoleni G, Gastl G, Steurer M, Gentilini I, Eisendle K, Fontanella F. Platelet gel: a new therapeutic tool with great potential. *Blood Transfusion*. 2017;15:333-340.
32. Cohn CS, Lockhart E, McCullough JJ. The use of autologous platelet-rich plasma in the orthopedic setting. *Transfusion*. 2015;55:1812-1820.
33. Hamid MSA, Ali MRM, Yusof A, George J, Lee LPC. Platelet-rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*. 2014;42(10):2410-2418.
34. Scott A, La Prade RF, Harmon KG, Filardo G, Kon E, Della Villa S, Bahr R, Moksnes H, Torgalsen T, Lee J, Drago JL, Engebretsen L. Platelet-rich plasma for patellar tendinopathy. A randomized controlled trial of leukocyte-rich PRP or leukocyte-poor PRP versus saline. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019;47(7):1654-1661.
35. Gato-Calvo L, Magalhaes J, Ruiz-Romero C, Blanco FJ, Burguera EF. Platelet-rich plasma: review of current evidence. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*. 2019;10:1-18.
36. Strunk D, Lozano M, Marks DC, Loh YS, Gstraunthaler G, Schennach H, Rohde E, Laner-Plamberger S, Oller M, Nystedt J, Lotfi R, Rojewski M, Schrezenmeier H, Bieback K, Schafer R, Bakchout T, Waidmann M, Jonsdottir-Buch SM, Montazeri H, Sigurjonsson OE, Iudicone P, Fioravanti D, Pierelli L, Introna M, Capelli C, Falanga A, Takanishi M, Lopez-Villar O, Burnouf T, Reems JA, Pierce J, Prestal AM, Schallmoser K. International forum on GMP-grade human platelet lysate for cell propagation: summary. *Vox Sanguinis*. 2018;113:80-87.
37. Bubnov R, Yevseenko V, Semeniv I. Ultrasound guided injections of platelet rich plasma for muscle injury in professional athletes. Comparative study. *Medical Ultrasonography*. 2013;15(2):101-105.
38. Medvedev AV, Kholodkova OL, Borysova OV, Bahchevan OL. The effectiveness of platelet-rich plasma (PRP) admi-

administration in professional football players' muscle injuries // Галицький лікарський вісник. 2015. Т.22 (3, частина 2). С. 29-33. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glv_2015_22_3%282%29__12

39. **Bernuzzi G, Petraglia F, Pedrini MF, De Filippo M, Pogliacomì F, Verdano MA, Costantino C.** Use of platelet-rich plasma in the care of sports injuries: our experience with ultrasound-guided injection // *Blood Transfusion*. 2014. Vol.12 (suppl.1). P. 229-234.

40. **Borrione P, Fossati C, Pereira MT, Giannini S, Davico M, Minganti C, Pigozzi F.** The use of platelet-rich plasma (PRP) in the treatment of gastrocnemius strains: a retrospective observational study // *Platelets*. 2018. Vol.29, №6. P. 596-601.

41. **Aprili G, Gandini G, Guaschino R, Mazzucco L, Salvaneschi L, Vaglio S.** SIMTI recommendations on blood components for non-transfusional use // *Blood Transfusion*. 2013. Vol.11, №4. P. 611-622.

42. **Mishra A, Pavelko T.** Treatment of chronic elbow tendinosis with buffered platelet-rich plasma // *The American Journal of Sports Medicine*. 2006. Vol.34, №11. P. 1774-1778.

43. **Gosens T, Peerbooms JC, van Laar W, den Oudsten BL.** Ongoing positive effect of platelet-rich plasma versus corticosteroid injection in lateral epicondylitis. A double-blind randomized controlled trial with 2-year follow-up // *The American Journal of Sports Medicine*. 2011. Vol.39, №6. P. 1200-1208.

44. **Omar AS, Ibrahim ME, Ahmed AS, Said M.** Local injection of autologous platelet rich plasma and corticosteroid in treatment of lateral epicondylitis and plantar fasciitis: randomized clinical trial // *The Egyptian Rheumatologist*. 2012. Vol.34, №2. P. 43-49.

45. **Abate M, Di Carlo L, Salini V.** Platelet-rich plasma diffusion in Achilles tendon: relationship with therapeutic outcomes // *Medical Principles and Practice*. 2019. Vol.28. P. 367-372.

46. **McCrum C.L, Costello J, Onishi K, Stewart C, Vyas D.** Return to play after PRP and rehabilitation of 3 elite ice hockey players with ulnar collateral ligament injuries of the elbow // *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2018. Vol.6, №8. 2325967118790760

47. **Sanli I, Morgan B, van Tilborg F, Funk L, Gosens T.** Single injection of platelet-rich plasma (PRP) for the treatment of refractory distal biceps tendonitis: long-term results of a prospective multicenter cohort study // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016. Vol.24, №7. P. 2308-2312.

48. **Wesner M, Defreitas T, Bredy H, Pothier L, Qin Z, McKillop B, Gross DP.** A pilot study evaluating the effectiveness of platelet-rich plasma therapy for treating degenerative tendinopathies: a randomized control trial with synchronous observational cohort // *PLOSone*. 2016. Vol.11, №2. P. e0147842. DOI:10.1371/journal.pone.0147842.

49. **Башкина А.С., Широкова Л.Ю., Князева Т.С., Паруля О.М., Абросимова Е.Б., Носков С.М.** Применение обогащенной тромбоцитами плазмы в купировании болевого синдрома большого вертела // *Травматология и ортопедия России*. 2011. №2 (60). С. 57-61.

50. **Baltzer AWA, Moser C, Jansen SA, Krauspe R.** Autologous conditioned serum (Orthokine) is an effective treatment of knee osteoarthritis // *Osteoarthritis and Cartilage*. 2009. Vol.17. P. 152-160.

51. **Николаев В.И., Чернякова Ю.М., Пинчук Л.С., Линкевич Е.Р., Белоенко Е.Д.** Локальная терапия гонартроза ауто-сывороткой крови пациента // *Известия НАН Беларуси, серия медицинских наук*. 2006. №4. С.50-53.

52. **Filardo G, Kon E, Buda R, Timoncini A, Di Martino A, Cenacchi A, Fornasari PM, Giannini S, Marcacci M.** Platelet-rich plasma intra-articular knee injections for the treatment of degenerative cartilage lesions and osteoarthritis // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011. Vol.19. P. 528-535.

administration in professional football players' muscle injuries. Galits'kiy likarskiy visnik. 2015;22(3):29-33. http://nbuv.gov.ua/UJRN/glv_2015_22_3%282%29__12 Ukrainian

39. **Bernuzzi G, Petraglia F, Pedrini MF, De Filippo M, Pogliacomì F, Verdano MA, Costantino C.** Use of platelet-rich plasma in the care of sports injuries: our experience with ultrasound-guided injection. *Blood Transfusion*. 2014;12(1):229-234.

40. **Borrione P, Fossati C, Pereira MT, Giannini S, Davico M, Minganti C, Pigozzi F.** The use of platelet-rich plasma (PRP) in the treatment of gastrocnemius strains: a retrospective observational study. *Platelets*. 2018;29(6):596-601.

41. **Aprili G, Gandini G, Guaschino R, Mazzucco L, Salvaneschi L, Vaglio S.** SIMTI recommendations on blood components for non-transfusional use. *Blood Transfusion*. 2013;11(4):611-622.

42. **Mishra A, Pavelko T.** Treatment of chronic elbow tendinosis with buffered platelet-rich plasma. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006;34(11):1774-1778.

43. **Gosens T, Peerbooms JC, van Laar W, den Oudsten BL.** Ongoing positive effect of platelet-rich plasma versus corticosteroid injection in lateral epicondylitis. A double-blind randomized controlled trial with 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011;39(6):1200-1208.

44. **Omar AS, Ibrahim ME, Ahmed AS, Said M.** Local injection of autologous platelet rich plasma and corticosteroid in treatment of lateral epicondylitis and plantar fasciitis: randomized clinical trial. *The Egyptian Rheumatologist*. 2012;34(2):43-49.

45. **Abate M, Di Carlo L, Salini V.** Platelet-rich plasma diffusion in Achilles tendon: relationship with therapeutic outcomes. *Medical Principles and Practice*. 2019;28:367-372.

46. **McCrum CL, Costello J, Onishi K, Stewart C, Vyas D.** Return to play after PRP and rehabilitation of 3 elite ice hockey players with ulnar collateral ligament injuries of the elbow. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2018;6(8):2325967118790760.

47. **Sanli I, Morgan B, van Tilborg F, Funk L, Gosens T.** Single injection of platelet-rich plasma (PRP) for the treatment of refractory distal biceps tendonitis: long-term results of a prospective multicenter cohort study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016;24(7):2308-2312.

48. **Wesner M, Defreitas T, Bredy H, Pothier L, Qin Z, McKillop B, Gross DP.** A pilot study evaluating the effectiveness of platelet-rich plasma therapy for treating degenerative tendinopathies: a randomized control trial with synchronous observational cohort. *PLOSone*. 2016;11(2):e0147842.

49. **Bashkina AS, Shirokova LYu, Khyazeva TS, Parulya OM, Abrosimova EV, Naskov SM.** Application of platelet-rich plasma in reduction of greater trochanteric pain syndrome. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2011;2(60):57-61. Russian.

50. **Baltzer AWA, Moser C, Jansen SA, Krauspe R.** Autologous conditioned serum (Orthokine) is an effective treatment of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2009;17:152-160.

51. **Nikolaev VI, Chernyakova YuM, Pinchuk LS, Linkevich ER, Beloenko ED.** Lokalnaya terapiya gonartroza avtosyvorotkoy krovi patsiyenta. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical Series*. 2006;4:50-53. Russian.

52. **Filardo G, Kon E, Buda R, Timoncini A, Di Martino A, Cenacchi A, Fornasari PM, Giannini S, Marcacci M.** Platelet-rich plasma intra-articular knee injections for the treatment of degenerative cartilage lesions and osteoarthritis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011;19:528-535.

53. **Мастыков А.Н., Дейкало В.П., Болобошко К.Б.** Обогащенная тромбоцитами плазма в лечении посттравматической хондропатии коленного сустава // *Новости хирургии.* 2012. Т.20, №5. С. 77-81.

54. **Широкова Л.Ю., Носков С.М., Бахтиярова Т.И., Снигирева А.В., Носкова Т.С.** Локальная терапия гонартроза-аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмы // *Современные технологии в медицине.* 2012. №1. С.97-100.

55. **Su K, Bai Y, Wang J, Zhang H, Liu H, Ma S.** Comparison of hyaluronic acid and PRP intra-articular injection with combined intra-articular and intraosseous injections to treat patients with knee osteoarthritis // *Clinical Rheumatology.* 2018. Vol.37, №5. P. 1341-1350.

56. **Glynn LG, Mustafa A, Casey M, Krawczyk J, Bloom J, Galvin R, Hannigan A, Dunne CP, Murphy AW, Mallen C.** Platelet-rich plasma (PRP) therapy for knee arthritis: a feasibility study in primary care // *Pilot and Feasibility Studies.* 2019. Vol.4. P. 93.

57. **Lin K-Y, Yang C-C, Hsu C-J, Yeh M-L, Renn J-K.** Intra-articular injection of platelet-rich plasma is superior to hyaluronic acid or saline solution in the treatment of mild to moderate knee osteoarthritis: a randomized, double-blind, triple-parallel, placebo-controlled clinical trial // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery.* 2019. Vol.35, №1. P. 106-117.

58. **Guillibert C, Charpin C, Raffray M, Benmenni A, Dehaut F-X, El Ghobeira G, Giogi R, Magalon J, Arniaud D.** Single injection of high volume of autologous pure PRP provides a significant improvement in knee osteoarthritis: a prospective routine care study // *International Journal of Molecular Science.* 2019. Vol.20. P. 1327.

59. **Bottegoni C, Dei Giudici L, Salvemini S, Chiurazzi E, Bencivenga R, Gigante A.** Homologous platelet-rich plasma for the treatment of knee osteoarthritis in selected elderly patients: an open-label, uncontrolled, pilot study // *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease.* 2016. Vol.8, №2. P. 35-41.

53. **Mastykau AN, Deykalo VP, Balaboshka KB.** Obogashchennaya trombositami plazma v lechenii postravmaticheskoy khondropatii kolennogo sustava. *Novosti khirurgii.* 2012; 20(5):77-81. Russian.

54. **Shirokova LY, Noskov SM, Bakhtiarova TI, Shigiryova AV, Noskova TS.** Lokalnaya terapiya gonartroza autologichnoy obogashchennoy trombositami plazmy. *Modern Technologies in Medicine.* 2012;(1):97-100. Russian.

55. **Su K, Bai Y, Wang J, Zhang H, Liu H, Ma S.** Comparison of hyaluronic acid and PRP intra-articular injection with combined intra-articular and intraosseous injections to treat patients with knee osteoarthritis. *Clinical Rheumatology.* 2018;37(5): 1341-1350.

56. **Glynn LG, Mustafa A, Casey M, Krawczyk J, Bloom J, Galvin R, Hannigan A, Dunne CP, Murphy AW, Mallen C.** Platelet-rich plasma (PRP) therapy for knee arthritis: a feasibility study in primary care. *Pilot and Feasibility Studies.* 2019;4:93.

57. **Lin KY, Yang CC, Hsu CJ, Yeh ML, Renn JK.** Intra-articular injection of platelet-rich plasma is superior to hyaluronic acid or saline solution in the treatment of mild to moderate knee osteoarthritis: a randomized, double-blind, triple-parallel, placebo-controlled clinical trial. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery.* 2019;35(1):106-117.

58. **Guillibert C, Charpin C, Raffray M, Benmenni A, Dehaut F-X, El Ghobeira G, Giogi R, Magalon J, Arniaud D.** Single injection of high volume of autologous pure PRP provides a significant improvement in knee osteoarthritis: a prospective routine care study. *International Journal of Molecular Science.* 2019;20:1327.

59. **Bottegoni C, Dei Giudici L, Salvemini S, Chiurazzi E, Bencivenga R, Gigante A.** Homologous platelet-rich plasma for the treatment of knee osteoarthritis in selected elderly patients: an open-label, uncontrolled, pilot study. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease.* 2016;8(2):35-41.

Информация об авторах:

Потапнев Михаил Петрович, заведующий отделом клеточных биотехнологий Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-7705-9383 (+375-29-638-02-71, mpotapnev@yandex.by)

Загородный Геннадий Михайлович, заместитель директора по клинике Республиканского научно-практического центра спорта, доцент, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-9930253X

Кривенко Светлана Ивановна, заместитель директора по научной работе Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии, доцент, д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-6813-4465

Богдан Василий Генрихович, начальник военного-медицинского факультета Белорусского государственного медицинского университета, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-7849-6497

Свицкий Антон Олегович, научный сотрудник Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий. ORCID ID: 0000-0002-7691-5464

Ясюкевич Андрей Сергеевич, научный сотрудник Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий. ORCID ID: 0000-0003-0814-8707

Асаевич Вадим Игоревич, младший научный сотрудник Республиканского научно-практического центра трансфузиологии и медицинских биотехнологий. ORCID ID: 0000-0002-2257-6452

Букач Дмитрий Вячеславович, научный сотрудник Республиканского научно-практического центра травматологии и ортопедии. ORCID ID: 0000-0001-6076-3761

Эйсмонт Олег Леонидович, заместитель директора по научной работе Республиканского научно-практического центра травматологии и ортопедии, доцент, д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-1002-4132

Information about the authors:

Michael P. Potapnev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Cellular BioTechnologies of the Republican Scientific and Practical Center of Transfusiology and Medical Biotechnologies. Minsk, Belarus. ORCID ID: 0000-0001-7705-9383 (+375-29-638-02-71, mpotapnev@yandex.by)

Gennady M. Zagorodny, M.D., Ph.D. (Medicine), Deputy Director for Clinic of the Republican Scientific and Practical Center of sports. ORCID ID: 0000-0002-9930-253X

Svetlana I. Krivenko, M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Director for Research of the Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology. Minsk, Belarus. ORCID ID 0000-0002-6813-4465

Vasiliy G. Bogdan, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Faculty of Military Medicine of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus ORCID ID: 0000-0001-7849-6497

Anton O. Svirsky, Scientist of the Republican Scientific and Practical Center of Transfusiology and Medical Biotechnologies. Minsk, Belarus. ORCID ID: 0000-0002-7691-5464

Andrei S. Yasyukevich, Scientist of the Republican Scientific and Practical Center of Transfusiology and Medical Biotechnologies. Minsk, Belarus. ORCID ID: 0000-0003-0814-8707

Vadim I. Asaevich, Junior Researcher of the Republican Scientific and Practical Center of Transfusiology and Medical Biotechnologies. ORCID ID: 0000-0002-2257-6452

Dmitry V. Bukach, M.D., Scientist of the Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics. Minsk, Belarus. ORCID ID: 0000-0001-6076-3761

Oleg L. Eismont, M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Director for Research of the Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics. Minsk, Belarus. ORCID ID: 0000-0002-1002-4132

Финансирование: работа выполнена в рамках выполнения НИОК(Т)Р (гранты Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 20191216 и 20192193)

Funding: this study was conducted with financial support of Ministry of Health the Republic of Belarus (grants # 20191216 and # 20192193).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 25.09.2019

Принята к публикации: 26.11.2019

Received: 25 September 2019

Accepted: 26 November 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.46

УДК: 616.31-001

Стоматологический статус лиц, занимающихся спортивным плаванием

Ю.А. Гребенников, Н.Д. Гольберг

ФГБУ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры,
Министерство спорта РФ, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

На сегодняшний день информация по стоматологическому статусу лиц, занимающихся спортивным плаванием противоречива и неоднозначна. Достаточно сложно отследить причинно-следственные связи между состоянием твердых тканей зубов, ротовой жидкости, стоматологического статуса спортсменов пловцов, и особенностями водной среды тренировочных бассейнов, где проходят спортивные занятия. В статье представлен анализ и систематизация литературных данных, посвященных изучению состояния зубочелюстной системы у лиц, занимающихся плаванием, сформулированы современные представления по данному вопросу и выделены направления, в которых можно продолжить научные исследования.

Ключевые слова: стоматологический статус, физические нагрузки, плавание, pH ротовой полости, эрозия зубов

Для цитирования: Гребенников Ю.А., Гольберг Н.Д. Стоматологический статус лиц, занимающихся спортивным плаванием // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 46-54. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.46.

Dental status of persons engaged in sports swimming

Yury A. Grebennikov, Natalia D. Golberg

Saint-Petersburg Scientific-Research Institute for Physical Culture, Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

To date, information on the problem is contradictory and ambiguous. It is difficult to trace cause – effect relationships between the condition of hard dental tissues, oral fluid, the dental status of swimmers, and the characteristics of the water environment of training pools. The article presents an analysis and systematization of literature on the dental condition in swimming athletes, as well as formulates modern ideas on the subject and highlights topics for further research.

Key words: dental status, physical exercise, swimming, pH of the oral cavity, erosion of teeth

For citation: Grebennikov YuA, Golberg ND. Dental status of persons engaged in sports swimming. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):46-54. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.46.

1. Введение

В последнее десятилетие отмечается активизация научных исследований в области спортивной стоматологии. Состоялись международные симпозиумы по спортивной стоматологии в Германии, Швеции и Японии.

Стоматологическое здоровье на сегодня является не только медицинской, но и социальной, а также психологической проблемой [1], в том числе в спорте [2-6]. Физические нагрузки истощают организм спортсмена, приводят к снижению иммунитета и развитию патологий под влиянием выраженных стрессогенных реакций [7-14]. Патология полости рта у спортсменов по частоте выявления лидируют среди всех других групп заболеваний атлетов. Так на Олимпийских играх обращения к стоматологам составляют до 60% всех случаев [15-17].

Стоматологическая заболеваемость у спортсменов, специализирующихся в плавании, имеет свою специфи-

ку. Внешние факторы (влияние хлора, переохлаждения) изменяют состояние местной иммунной защиты ротовой полости, способствуют возникновению стоматологических заболеваний (эрозии твердых тканей зубов (K03.2 – МКБ10), увеличенный риск возникновения кариеса (K02 – МКБ10) в полости рта, изменение биохимического состава ротовой жидкости).

2. Современное состояние проблемы

Первые научные публикации о состоянии твердых тканей зубов и ротовой жидкости у пловцов появились в начале 1980-х годов. Centerwall B.S. с соавт. [18], указывают на особенность поражения твердых тканей зубов эрозиями, появление которых исследователи связывают с pH воды тренировочного бассейна. Кислотная эрозия эмали зубов – «эрозия пловца» – это болезненное, необратимое состояние, дорогостоящее в лечении, которое может быть вызвано недостаточным контролем ис-

пользования газообразного хлора при обеззараживании воды.

На проведение исследования и получение таких результатов авторов натолкнула встреча на собственном клиническом приеме двух профессиональных пловцов, занимающихся на одной тренировочной базе и имеющих схожие поражения эмали зубов вследствие воздействия кислоты. Оба пациента были спортсменами-пловцами, тренирующиеся в одном и том же частном спортивном клубе с бассейном. Других общих закономерностей возникновения эрозий выявлено не было. В дальнейшем было произведено эпидемиологическое обследование 747 участников клуба. О симптомах, характерных для эрозии зубной эмали сообщили 3% спортсменов других видов спорта (9/295), 12% спортсменов-пловцов которые не были членами команды по плаванию (46/393), и 39% членов команды по плаванию (23/59). Все пловцы с клинически подтвержденной эрозией зубной эмали посещали регулярные тренировки и соревнования в бассейне, в отличии, от одного из спортсменов- пловцов, не имеющего никаких проявлений эрозий эмали зубов, проводящего незначительное время в плавательном бассейне. Экспертиза плавательного бассейна выявила коррозию металлических приспособлений и разрушение цемента в результате воздействия воды бассейна. Проба воды в бассейне имела рН 2,7, т.е. концентрация кислоты примерно в 100 000 раз выше рекомендованной для бассейнов (рН 7,2-8,0). Проверка организации управления бассейном показала недостаточный контроль кислотности (рН) воды в бассейне.

Chanya Chuenarrom с соавт. [19, 20] изучали влияние хлорированной воды на возникновение эрозий эмали зубов. Образцы зубов помещали в среду, состоящую из хлорированной воды (различные значения рН) и искусственной слюны, при одном из следующих условий: I) 4-часовой непрерывный цикл погружения образцов, и II) 1 час/день погружения в течение 4 недель. Образцы были разделены на четыре подгруппы для проведения испытаний в хлорированной воде с рН 2, 3, 4 или 5 соответственно. Измеряли потери эмали и процент изменения микротвердости поверхности (%SMC). После 4 часов, в хлорированной воде с рН 2, 3, 4 и 5 наблюдалась потеря эмали на 1,4, 0,4, 0,0 и 0,0 мкм; а %SMC уменьшался на 57,2, 13,7, 2,9 и 0,2%, соответственно. Через 4 недели эрозия была зарегистрирована на 63,3, 1,0, 0,0 и 0,0 микрометрах, и %SMC был уменьшен на 97,2, 52,1, 5,7 и 1,5%, соответственно. Исследование показало, что уровень рН хлорированной воды и продолжительность воздействия являются важными факторами в возникновении эрозий эмали.

В следующем исследовании оценивался эрозивный потенциал воды плавательных бассейнов с низким уровнем рН для зубной эмали. Образцы зубной эмали погружали в воду бассейна с низким рН на 4 часа. Потери эмали измеряли с помощью фокусирующего метода измерения (с помощью микроскопа), а также микротвер-

дость эмали измеряли с помощью тестера микротвердости. После погружения в течение 4 ч, вода в бассейне с рН 3,85 и титруемой кислотностью 1,4 мл 0,1 N, NaOH разрушил 5,1 мкм эмали и в результате, значение твердости эмали уменьшилось на 23,2%, в то время как вода бассейна с рН 2,91 и титруемой кислотностью 9,5 мл 0,1 N, NaOH эрозирует 31,3 мкм эмали и в результате значение твердости эмали уменьшилось на 19,3%. Это исследование *in vitro* поддерживает клинические отчеты о зубной «эрозии пловца», о которых следует предупредить общественность.

Интересный случай из врачебной практики описывает Colin Dawes с соавт. [21]. Быстро возникшая и выраженная эрозия эмали зубов, как результат плавания в бассейне с нарушением использования хлора для обеззараживания. Этот отчет о случае описывает почти полную потерю эмали по причине кислотной эрозии, в частности передних зубов, у женщины, которая плавала ежедневно в течение 2 недель в бассейне с нарушением правил хлорирования на Кубе. Этот случай подчеркивает необходимость хлорирования бассейнов соответствующим образом (рН около 7,5), а также необходимость контроля как со стороны персонала, так и со стороны пловцов, соблюдения норм обеззараживания воды. В другой своей работе Colin Dawes изучал связь рН и эмали зубов [22]. Критический рН – это кислотность, при понижении уровня которой происходит растворение эмали зубов. Отмечено, что рН в полости рта постоянно изменяется в обратно пропорциональной зависимости от концентрации кальция и фосфата в слюне, а также бляшечной жидкости. Зубы с ранними подповерхностными поражениями кариеса могут быть реминерализованы, однако зубы, которые пострадали от кислотной эрозии, не могут.

Annette Wiegand и Thomas Attin [23] обобщили информацию из литературных источников по профессиональной эрозии зубов при воздействии кислоты. Объективная эрозия зубов характеризуется как расстройство с многофакторной этиологией, включающей экологическое кислотное воздействие. Информация взята из оригинальных научных работ, отчетов и обзоров с дополнительными тематическими отчетами, представленными в PubMed, Medline или EMBASE. 17 исследований продемонстрировали доказательства того, что аккумуляторные батареи, использование цинка в производстве и связанные с ними рабочие подвергались воздействию серной или соляной кислоты и имели повышенный риск возникновения эрозии зубов. Однако, для других рабочих профессий, дегустаторов вина и спортсменов-пловцов, обнаруживается недостаточное количество исследований, что не позволяет сделать научно-обоснованные выводы. Таким образом, становится ясно, что для многих профессий необходимо проведение дополнительных исследований на предмет выявления воздействия кислот на возникновение эрозий эмали зубов.

М. Mehdipour с соавт. [24] предположил, что эрозия эмали является многофакторным процессом, который появляется по причине различных внешних или внутренних воздействий. Исследование было направлено на оценку соотношения времени плавания и развития зубной эрозии у пловцов. Для участия в исследовании были отобраны 84 женщины (из них 42 спортсменки, которые занимались плаванием более 6 часов в неделю). Контрольную группу составили 42 спортсменки, которые плавали менее 6 часов в неделю. Информация о зубных эрозиях и другие данные были собраны методом анкетирования. Оценка эрозии зубов проводилась с помощью индекса Smith-Knight. Полученные данные показали, что пропорции зубной эрозии были одинаковыми среди двух групп и не было никакой связи между временем плавания и зубной эрозией среди спортсменов-пловцов ($P=0/6$, $X_2=0,26$).

Цель исследования итальянских ученых (Simonetta D'Ercole с соавт.) – оценка состояния здоровья полости рта у молодых пловцов, членов сборных команд и пловцов-любителей. Перед тренировками (T_1) у 54 спортсменов-сборников и 69 пловцов-любителей оценивали следующие параметры: разрушенные, отсутствующие и запломбированные зубы (DMFT), индекс зубного налета (PII) и десневой индекс (GI). При T_1 и после тренировок (T_2) собирали стимулированную слюну и проводили микробиологический и иммунологический анализы. Определялось содержания в слюне кариесогенных бактерий и концентрации секреторного IgA (S-IgA). При этом спортсмены – члены сборных команд тренировались $2,02 \pm 0,09$ часа 5 раз в неделю, в то время как спортсмены-любители тренировались $2,03 \pm 0,18$ часа в неделю. В общей сложности 14,7% спортсменов-сборников получили зубные травмы, связанные со спортом. Только 11,76% пловцов, членов сборных команд получали суточную дозу фтора, против 32,65% пловцов-любителей ($P=0,029$). Ни одна из групп не придерживалась установленной диеты и не имела статистически значимых различий с точки зрения потребления питательных добавок и шоколада. Выявлены статистически значимые различия в показателях гигиены полости рта. Существенной разницы в клинических показателях (DMFT, PII и GI) не было. *S. Mutans* обнаружен у 18,6% спортсменов, членов сборных команд и 32,2% спортсменов-любителей. *S. Sobrinus* в свою очередь, был обнаружен у 22,03% пловцов – сборников и 91,6% пловцов-любителей ($P<0,05$). *S. Sanguinis* был обнаружен только в слюне спортсменов, членов сборных команд. Средний секреторный иммуноглобулин пловцов-сборников, уменьшился в T_2 ($P<0,05$). Вода в бассейне при этом имела среднесуточный рН=7,22. Выявлено, что микробные маркеры и иммунный статус имеют важное значение для разработки рекомендаций по управлению тренировочной нагрузкой с целью минимизации физических нагрузок и риска развития инфекции полости рта [25].

Стоматологическое здоровье и спортивные напитки у спортсменов-пловцов и спортсменов-велосипедистов изучал Alex Milosevic [26]. Рассматривались два общественных бассейна в Ливерпуле и три велосипедных клуба на северо-западе Англии. Была исследована выборка пловцов и велосипедистов на предмет кариеса и дефектов зубов. В ходе анкетирования было установлено, какие спортивные напитки употребляются и какова их структура потребления. Были проанализированы рН и титруемая кислотность, концентрации кальция, фосфата и фторида, вязкость. Также был определен расход слюны в ответ на эти напитки и воду. В исследовании приняли участие 25 пловцов и 20 велосипедистов. Кариес и дефекты зубов до дентина (за исключением дентина, обнаруживающегося при эрозиях на резцах) были значительно более частыми среди велосипедистов ($P<0,05$). Велосипедисты имели значительно более распространенные дефекты, расположенные небно ($P<0,001$). Структура потребления спортивных напитков между двумя группами была достаточно различна ($P<0,001$). Диапазон рН самых популярных спортивных напитков составил от 2,4 до 4,5. Скорость слюноотделения после 1-минутного полоскания была значительно ниже ($P<0,05$) с одним напитком (0,47 мл/мин) и водой (0,41 мл/мин) по сравнению с другими напитками (неспортивными). Связь между кариесом и эрозиями эмали зубов и потреблением спортивных напитков не была обнаружена. Однако эрозивный потенциал спортивных напитков реален и должен учитываться как этиологический фактор эрозии у молодых людей (спортсменов).

В исследовании W. Geurtsen [27] указывалось, что существует быстрая генерализованная эрозия эмали зубов, вызванная водой плавательного бассейна, хлорированной газообразным хлором. Ряд сообщений указывало на увеличение распространенности эрозии зубов у профессиональных пловцов из-за низкого рН воды, хлорированной газообразным хлором в бассейнах. В отличие от других внешних факторов, которые вызывают эрозию эмали зубов, расположенную на вестибулярных поверхностях, низкая кислотность воды в бассейне приводит к общей (генерализованной) эрозии зубов (все поверхности). Кроме того, представлен отчет о случае, который описывает очень быстрое возникновение выраженной, генерализованной эрозии эмали у спортсмена-пловца из-за воды в бассейне, обеззараживаемой газообразным хлором, в течение всего 27 дней! Наблюдения нескольких авторов, а также этот случай подчеркивают важность регулярного мониторинга рН воды плавательных бассейнов. Высокая заболеваемость свидетельствует о том, что эрозия зубов, вследствие частого плавания имеет значительное диагностическое и терапевтическое значение. Кроме того, рекомендуется регулярно фторировать зубы интенсивно тренирующихся пловцов, чтобы предотвратить эрозию зубов.

Влияние длительных тренировок на общий и местный (слизистых оболочек) иммунитет было оценено в

группе спортсменов-пловцов высокой квалификации Gleeson M. с соавт. [28]. Исследование проводилось в течение 7-месячного тренировочного сезона в рамках подготовки к национальным чемпионатам. Полученные результаты свидетельствуют о значительном снижении ($P < 0,05$) концентрации IgA, IgG и IgM в сыворотке крови и слюне у спортсменов, связанных с длительными тренировками высокой интенсивности. Отмечена также тенденция к снижению уровня подкласса IgG2 в сыворотке крови у спортсменов по сравнению с контролем ($P = 0,07$). Не было никаких существенных изменений в количестве или процентах Т- и В- лимфоцитов, но наблюдалось значительное снижение количества и процента клеток-киллеров (NK, Т-киллеров) у спортсменов в течение тренировочного сезона ($P < 0,05$). После индивидуальных тренировок отмечалось достоверное снижение уровня IgA в слюне у спортсменов по сравнению с контролем ($P = 0,002$). У спортсменов наблюдалась тенденция к снижению уровня IgA в слюне в течение 7-месячного периода подготовки как в пробах до тренировки ($P = 0,06$), так и после тренировки ($P = 0,04$). Не было никаких существенных сдвигов уровня IgG в слюне, в течение периода исследования ни у спортсменов, ни в контрольных группах. Единственным значимым изменением уровня IgM в слюне было увеличение частоты выявления на предсоревновательном этапе у спортсменов ($P = 0,03$). Исследование показало, что тренировки спортсменов-пловцов высокой квалификации с высокой интенсивностью в течение как коротких, так и длительных периодов времени, подавляют как системный, так и местный (слизистых оболочек) иммунитет. Длительное подавление иммунитета, связанное с интенсивными тренировками, может определять восприимчивость к инфекции, особенно во время крупных соревнований.

В другой работе Gleeson M. с соавт. [29] изучал появление антител к пневмококку у спортсменов-пловцов высокой квалификации. Способность спортсменов-пловцов высокой квалификации вырабатывать антитела к пневмококковой вакцине Pneumovax 23 была оценена в конце интенсивной 12-недельной тренировочной программы. Титры антител к шести типам пневмококковых полисахаридов были измерены у 20 спортсменов-пловцов (10 мужчин, 10 женщин) в возрасте 17-23 лет и 19 неспортивных студентов (8 мужчин, 11 женщин) в возрасте 18-23 лет. Образцы крови тестировались 14 дней, чтобы оценить степень реакции антител и изменения в сыворотке крови иммуноглобулинов классов и подклассов IgG. Не было выявлено достоверных различий в реакции пневмококковых антител на «Пневмовакс» между спортсменами-пловцами и контрольной группой, а также никакой гендерной зависимости ни до, ни после вакцинации. Клинически адекватный ответ на вакцину был наибольшим для пневмококкового серотипа 4, который составил 97% для всей исследуемой группы. Не было выявлено достоверных корреляций между величиной любого из ответов на пневмококко-

вые антитела и (i) изменениями в результатах международных соревнований пловцов; (ii) уровнем инфицирования как у пловцов, так и у контрольных групп; (iii) любыми психологическими переменными, оцениваемыми по Профилю Состояний Настроения (ПСН) опросника для спортсменов-пловцов или контрольной группы. У пловцов до пневмококковой вакцинации были достоверно более низкие концентрации сывороточных IgG2 ($P = 0,04$) и IgG3 ($P = 0,002$). Кроме того, у пловцов наблюдали увеличение всех иммуноглобулиновых изотипов и подклассов IgG после вакцинации, что свидетельствует о поликлональном ответе на вакцину, который не наблюдался у субъектов контрольной группы. Величина ответов подкласса после вакцинации была достоверно больше у пловцов по сравнению с контрольной группой для IgG1 ($P = 0,04$), IgG3 ($P = 0,04$) и IgG4 ($P = 0,01$). Полученные данные свидетельствуют о том, что спортсмены-пловцы высокой квалификации, проходящие интенсивную программу тренировки, способны вырабатывать антитела к пневмококковым антигенам, эквивалентные антителам у лиц, ведущих неспортивный образ жизни, в соответствии с возрастом и полом, несмотря на то, что пловцы имеют более низкие уровни иммуноглобулинов сыворотки крови (перед вакцинацией).

Распространенность эрозии эмали зубов, шероховатости поверхностей, болезненности зубов среди молодых спортсменов-пловцов в Индии исследовалось в работе Baghele O.N. с соавт. [30]. Структура исследования представляла собой перекрестное изучение анкетирования и протоколов клинического обследования. Исследование проводилось в общественных местах, вовлекая тех, кто занимался регулярным плаванием в плавательных бассейнах. Анкеты были распространены среди пловцов-участников чемпионата Индии по плаванию, состоявшегося в бассейне муниципальной корпорации «Thane». Те, кто участвовали в анкетировании, также проходили клиническое обследование. Были проанализированы анкеты и клинические исследования, изучающие наличие или отсутствие эрозий зубов и шероховатых поверхностей. В обследовании приняли участие 100 спортсменов-пловцов. В их число вошли 75 мужчин со средним возрастом $18,6 \pm 6,3$ года и 25 женщин со средним возрастом $15,3 \pm 7,02$ года. Среди них, у 90% были выявлены эрозии эмали зубов, у 94% обнаружены шероховатые поверхности, а у 88% были выявлены жалобы на боли зубов различной степени тяжести. Установлено, что наличие эрозии эмали зубов и шероховатых поверхностей прямо пропорциональны продолжительности плавания. Авторы пришли к выводу, что распространенность эрозий зубной эмали, шероховатых поверхностей и боли в зубах различной локализации крайне высока у спортсменов-пловцов. Они рекомендуют спортсменам-пловцам использовать профилактические меры, которые применяются в случае риска возникновения «эрозии пловца».

Польские ученые (Buczowska-Radlińska J. с соавт.) при изучении распространенности эрозии зубов у спортсменов-пловцов подросткового возраста, подвергающихся воздействию воды, обеззараживаемой газообразным хлором в плавательном бассейне обнаружили эрозии эмали зубов у более чем у 26% спортсменов-пловцов и у 10% пловцов-любителей. Повреждения у профессиональных пловцов были выявлены как на губной (вестибулярной), так и на небной (оральной) поверхностях передних зубов, тогда как эрозии у пловцов-любителей развивались исключительно на небной поверхности зубов. Хотя рН воды бассейна была нейтральной, тем не менее, вода была недонасыщенной по содержанию гидроксиапатита и его компонентов. Установлено, что к факторам, повышающим риск возникновения эрозии эмали зубов относятся: продолжительность плавания и количество тренировок. Повышенный риск возникновения эрозий может быть связан с недостаточным насыщением воды бассейна компонентами гидроксиапатита [31].

Литовские ученые, изучая распространенность эрозий эмали зубов у молодых пловцов Каунасе, пришли к следующим результатам (Andrius Zebrauskas с соавт.). Эрозия эмали зубов обнаружена у 25% детей в возрасте 12-17 лет и у 50% детей в возрасте 18-25 лет. Среднее значение поверхностей с эрозиями составило 6,31 (SD 4,37). Все эрозированные поверхности были оценены как 1 класс. Продолжительность обучения плаванию и возраст участников коррелировали положительно (корреляция Кендалла, $r = 0,65$, $P < 0,001$), что означает, что пловцы старшего возраста тренируются в течение более длительного периода. Достоверной корреляции между возникновением эрозии зубов и анализируемыми факторами риска (гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, частая рвота, сухость во рту, регулярный прием кислых лекарственных средств, газированных напитков) в обеих исследуемых группах выявлено не было. Выявлено, что распространенность эрозий эмали зубов низкой степени выраженности довольно высока среди занимающихся плаванием в Каунасе, а также зависит от возраста пловцов [32].

Показатели слюны у спортсменов-пловцов исследовали Bretz W.A. с соавт. [33]. Целью их исследования было определить показатели слюны у спортсменов-пловцов, тренирующихся в бассейне, где вода обеззараживается газообразным хлором, до и после 2 часового тренировочного занятия. Предполагалось, что интенсивная тренировка может значительно изменить скорость выделения слюны и баланс кальция (Ca^{+3}), фосфора (P^{+3}) и фтора (F^{-}) в слюне у спортсменов-пловцов во время тренировки в газ-хлорированных бассейнах. В исследовании приняли участие спортсмены-пловцы из команды по плаванию Мичиганского университета в возрасте 18-

23 лет (мужчины). Участникам было предложено заполнить структурированную анкету, касающуюся аспектов диеты, приема лекарств, самостоятельного определения цвета зубов и привычной частоты чистки зубов. В этом исследовании приняли участие двадцать два спортсмена. Слюна пловцов была собрана до и сразу после тренировки, которая занимает в среднем два часа. Показатели слюны анализировали до и после тренировки. Исследовали уровень рН слюны, содержание P^{+3} , F^{-} и Ca^{+3} в слюне. После плавания наблюдали достоверное снижение скорости секреции слюны ($P < 0,05$). Статистически значимое повышение уровней Ca^{+3} ($P < 0,05$) и F^{-} ($P < 0,05$) в слюне наблюдали после занятия. Уровень P^{+3} в слюне достоверно снижался после тренировки ($P < 0,05$). Отмечена тенденция к снижению среднего рН слюны после плавания, в диапазоне от $6,8 \pm 1,1$ (до тренировки) до $6,5 \pm 0,9$ (после). Это снижение не было статистически значимым ($P > 0,05$). За уровнем рН воды и содержанием ионов хлора и фтора в воде газ-хлорированного бассейна в Университете Мичигана было установлено ежедневное наблюдение. В течение дня и периода времени, когда проводились исследовательские выборки, рН воды колебался между 7,0 и 8,0, со средним рН 7,5. Уровни Cl^{-} и P^{+3} составляли $1,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ и $0,8 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ соответственно. Представленные результаты показывают, что у спортсменов-пловцов, тренирующихся в газ-хлорированном бассейне, наблюдалось значительное изменение показателей слюны, таких как скорость потока слюны и концентрация Ca^{+3} , P^{+3} и F^{-} . В процессе исследования выявлено, что даже при тренировках в газ-хлорированном бассейне с соответствующим контролем (т. е. средний рН = 7,5, хлорид кальция = $1,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$), могут изменяться показатели (снижение выделения слюны и увеличение уровня Ca^{+3} и P^{+3} в слюне), способствующие растворению эмали у спортсменов-пловцов, которые регулярно тренируются. Исследование само по себе не устанавливает прямой причинно-следственной связи между плаванием спортсменов и эрозией зубов, но оно предполагает, что дополнительные, более глубокие наблюдения по этой теме необходимы. Спортсмены хорошо осведомлены о риске возникновения эрозий при длительных тренировках в бассейне, где вода обеззараживается газообразным хлором. Многие обследуемые в этом исследовании сообщили, что знают о своих «желтых зубах» (зубы с утраченной зубной эмалью). Эти неблагоприятные явления могут быть сведены к минимуму, если спортсмены, которые занимаются профессиональным плаванием в раннем возрасте, осведомлены о потенциальном риске развития окрашивания и эрозии зубов. Это повлекло бы за собой контролируемое использование фторидов (т.е. ополаскивателей, гелей, лаков) для предотвращения потери минеральных компонентов зуба при плавании в газ-хлорированных бассейнах. Также необходимо регу-

лярное проведение периодических стоматологических осмотров. Таким образом, необходимо информировать о возможных последствиях растворения эмали вследствие частого плавания спортсменов-пловцов и пловцов любителей. Имеет большое значение регулярный мониторинг pH воды газ-хлорированных бассейнов.

Escartin J.L. соавт. [34] исследовал распространенность зубных пятен гипоминерализации (ЗП) у спортсменов-пловцов, с целью количественно оценить риск возникновения этих пятен по сравнению со спортсменами других видов спорта в Кастельоне, Испания. В период с июля 1996 года по март 1997 года было обследовано 404 человека (171 участник двух спортивных школ (плавание) и 233 спортсмена из двух школ (не водные виды спорта) для выявления и классификации желтовато-коричневых или темно-коричневых пятен на лицевой поверхности восьми резцов. Средний возраст участников составил 12 лет, диапазон 7-22 года. В двух бассейнах, где тренируются спортсмены используются продукты хлора, а в третьем – бром для обеззараживания воды. Распространенность ЗП составила 60,2% у пловцов и 12,9% у спортсменов ($P = 0,0001$). Факторы риска для ЗП включали: использование плавательных бассейнов, возраст, пол, количество соревнований, ежедневное потребление кофе, красного вина и различные железосодержащие пищевые добавки в течение последнего года. Профессиональная гигиена зубов была защитным фактором. Среди пловцов, тренирующихся более 6 ч в неделю, увеличивался риск появления этих пятен. Исследование показало высокий риск ЗП у спортсменов-пловцов.

Gabai Y с соавт. [35] исследовал влияние уровня pH воды бассейна на растворение эмали зубов человека. Поверхность зубов оценивалась с помощью электронного микроскопа SEM. Определялась концентрация кальция в экспериментальных растворах. Выявлено, что скорость растворения эмали была выше в кислой воде бассейна. Микрофотографии показали сотовидную картину вытравливания эмали с поверхностей зубов, подвергнутых воздействию воды бассейна с pH 3,6. Это означает, что частое воздействие кислой воды в плавательном бассейне может привести к эрозии эмали зубов.

Simona Gabriela Musenic с соавт. [36] сообщает об эрозивной способности (*in vitro*) трех различных хлорированных вод pH на зубную эмаль и использовании антиэрозивной защиты, с помощью различных стоматологических материалов (зубная паста, реминерализующий крем и фторидный лак). Оценка производилась с помощью сканирующей электронной микроскопии. Выявлено, что фторидный лак обеспечивал наилучшую защиту, образуя стойкую тонкую пленку на поверхности эмали. Наблюдаемые ультраструктурные изменения поверхности эмали были незначительными при использовании зубной пасты и более выраженными при использовании реминерализующего крема.

Голландские исследователи (Lokin P.A. с соавт.), приняв во внимание литературные данные о связи состава водной среды тренировочных бассейнов и состояния твердых тканей зубов спортсменов, провели мониторинг способов обеззараживания воды в бассейнах своей страны. В результате исследования выявлено, что вода бассейнов Нидерландов практически полностью безопасна для твердых тканей зубов, находящихся в них людей, т.к. для дезинфекции там используют только гипохлорит. Однако, никакого исследования объективного стоматологического статуса спортсменов проведено не было, не принимается во внимание и отсутствие однозначно выявленной для всех случаев поражения твердых тканей зубов причины. Вода из тренировочных бассейнов не попадала под анализ. Исследование основано лишь на документах, которые оформляет менеджмент тренировочных бассейнов, для предоставления в соответствующие проверяющие организации [37].

Семенюта Н.И. [38] исследовал pH ротовой полости до посещения бассейна и сразу после занятий плаванием у 82 детей в возрасте от 7 до 15 лет (24 девочки, 58 мальчиков) с использованием лакмусовой бумаги (pH тест) от 1.0 до 14.0. Исследование проводилось в 2 этапа – в первый день pH воды в бассейне составляло 7,4, была проведена оценка уровня pH у 69 детей (17 девочек, 52 мальчика); во второй день – pH 6,6, участие приняли 82 ребенка (24 девочки, 58 мальчиков). Занятия в бассейне длились в течение 1,5 часов. В результате исследования было выявлено, что вода в бассейне оказывает влияние на pH ротовой полости у детей. При этом влияние слабокислой среды оказывается меньше, чем влияние слабощелочной. Не изменилось pH ротовой полости при pH 7,4 у 6% детей, а при pH 6,6 – у 13%. Интересно, что при слабокислой среде наблюдалось и изменение в щелочную сторону.

3. Заключение

Таким образом, довольно противоречиво и неоднозначно выглядят сведения по рассматриваемой проблеме. Достаточно сложно отследить причинно-следственные связи между состоянием твердых тканей зубов, ротовой жидкости, стоматологического статуса спортсменов пловцов, и особенностями водной среды тренировочных бассейнов, где проходят спортивные занятия. Сами исследователи указывают на необходимость дальнейшей работы в этом направлении [7, 8, 11, 14, 18]. Помимо значения для результатов профессионального спорта, такое исследование может способствовать укреплению здоровья любителей, занимающихся водными видами спорта, а также людей, сталкивающихся со средой тренировочных бассейнов в повседневной жизни. Кроме того, в Российских научных источниках информация по этой проблематике практически отсутствует.

Список литературы

1. Хайбуллина Р.Р., Гильмутдинова Л.Т., Герасимова Л.П. Реабилитация пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом // Вестник восстановительной медицины. 2016. №5(75). С. 53-57.
2. Марокко И.Н., Петрович Ю.А., Сумароков Д.Д. Биохимия минерализованной ткани полости рта: Учеб. пособие для студентов мед. вузов. М., 2001. С. 22-67.
3. Мартынова Е.Ю. Влияние различных эмоциональных состояний на клинико-биохимические показатели ротовой жидкости при стоматологических заболеваниях: автореф. дисс. канд. мед. наук. Ростов-на-Дону, 2006. 21 с.
4. Needleman I, Ashley P, Petrie A, Fortune F, Turner W, Jones J, Niggli J, Engebretsen L, Budgett R, Donos N, Clough T, Porter S. Oral health and impact on performance of athletes participating in the London 2012 Olympic Games: a cross-sectional study // Br. J. Sports Med. 2013. Vol.47, №16. P. 1054-1058. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092891.
5. De Sant'Anna GR, Simionato MR, Suzuki ME. Sports dentistry: buccal and salivary profile of a female soccer team // Quintessence Int. 2004. Vol.35, №8. P. 649-653.
6. Севбитов А.В., Ачкасов Е.Е., Канукоева Е.Ю., Борисов В.В., Султанова О.А. Индивидуальные защитные зубные шины для спортсменов, принимающих участие в контактных видах спорта // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. №2. С. 42-46.
7. Антонова И.Н., Квочко Е.С., Орехова Л.Ю. Состояние полости рта у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса // Стоматологический журнал. 2006. №4. С. 320-324.
8. Воробьев В.С., Лагутина Н.Я., Кирюхина С.А. Некоторые особенности стоматологических заболеваний у спортсменов // Стоматолог. 2002. №3. С. 52-54.
9. Гаврилова Е.А. Стрессорный иммунодефицит у спортсменов. М.: Советский спорт, 2009. 192 с.
10. Иващенко Г.М., Матов В.В., Каджаян В.С. Особенности стоматологических заболеваний у высококвалифицированных спортсменов // Сборник тезисов ЦНИИС «Экспериментальная и клиническая стоматология». М., 1975. С. 16.
11. Карпович Д.И., Смоленский А.В, Михайлова А.В. Стоматологическая заболеваемость спортсменов, современные представления текст // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т.19, №2. С. 55-57.
12. Левин М.Я. Показатели местного иммунитета полости рта у спортсменов с воспалительными заболеваниями пародонта // Пародонтология. 2000. №1. С.19-20.
13. Массарский А.С. Стоматологические проблемы у спортсменов // Материалы II международного конгресса «Спорт и здоровье». Санкт-Петербург, 21-23 апреля 2005 года. СПб., 2005. С. 178-179.
14. Пономарева А.Г., Полтавская Е.Ю. Показатель активной кислотности слюны как интегральный показатель психоэмоционального и психосоматического здоровья у спортсменов // Стоматолог. 2012. №2. С. 3-9.
15. Антонова И.Н., Розанов Н.Н., Софонов Б.Н., Косицкая Л.С. Хронический стресс у спортсменов, заболевания пародонта и перестройка в иммунной системе // Медицинская иммунология. 2007. Т.9, № 2-3. С. 29-295.
16. Berezow AB, Darveau RP. Microbial shift and periodontitis // Periodontol 2000. 2011. Vol.55, №1. P. 36-47.
17. Badel T, Jerolimov V, Pandurić J. Dental/Orofacial trauma in contact sports and intraoral mouthguard programmes // Kinesiology. 2007. Vol.39, №1. P. 97-105.

References

1. Khaybullina RR, Gil'mutdinova LT, Gerasimova LP. Rehabilitation of patients with chronic generalized parodontiti. Bulletin of rehabilitation medicine. 2016;5(75):53-57. Russian.
2. Marokko IN, Petrovich YuA, Sumarokov DD. Biokhimiya mineralizovannoy tkani polosti rta. Osnovy stomatologicheskoy biokhimii. Moscow, MGMSU, 2000. 22p. Russian.
3. Martynova E.Yu. Vliyanie razlichnykh emotsional'nykh sostoyaniy na kliniko-biokhimicheskie pokazateli rotovoy zhidkosti pri stomatologicheskikh zabolovaniyakh: Avtoref. kand. diss. Rostov-na-Donu, 2006:21. Russian.
4. Needleman I, Ashley P, Petrie A, Fortune F, Turner W, Jones J, Niggli J, Engebretsen L, Budgett R, Donos N, Clough T, Porter S. Oral health and impact on performance of athletes participating in the London 2012 Olympic Games: a cross-sectional study. Br. J. Sports Med. 2013;47(16):1054-1058.
5. De Sant'AnnaGR, Simionato MR, Suzuki ME. Sports dentistry: buccal and salivary profile of a female soccer team. Quintessence Int. 2004;35(8):649-653.
6. Sevbitov AV, Achkasov EE, Kanukoeva EYu, Borisov VV, Sultanova OA. Individual protective dental splints for athletes participating in combat sports. Sports medicine: research and practice. 2014;(2):42-46. Russian.
7. Antonova IN, Kvochko ES, Orekhova LYu. The state of the oral cavity in athletes with different directions of the training process. Stomatologicheskij zhurnal. 2006;4:320-324. Russian.
8. Vorob'yev VS, Lagutina NYa, Kiryukhina SA. Some features of dental diseases in athletes. Stomatolog. 2002;3:52-54. Russian.
9. Gavrilova EA. Stressornyy immunodefitsit u sportmenov. Moscow, Sovetskiy sport, 2009:192 Russian.
10. Ivashchenko GM, Matov VV, Kadzhayan VS. Features of dental diseases in highly qualified athletes. (Materials of the International forum «Experimental and clinical dentistry»), Moscow, 1975:16. Russian.
11. Karpovich DI, Smolenskiy AV, Mikhaylova AV. Dental morbidity of athletes, modern views. Journal of new medical technologies. 2001;2:55-57. Russian.
12. Levin MYa. Indicators of local immunity of the oral cavity in athletes with chronic inflammatory periodontal disease. Parodontologiya. 2000;1:19-20. Russian.
13. Massarskiy AS. Dental problems in athletes Materials of the International forum «Sports and health», Saint-Petersburg, 2005. P.178-179. Russian.
14. Ponomareva AG, Poltavskaya EYu. Indicator of active saliva acidity as an integral indicator of psychoemotional and psychosomatic health in athletes. Stomatolog. 2012;2:3-9. Russian.
15. Antonova IN, Rozanov NN, Sofonov BN, Kositskaya LS. Chronic stress in athletes, periodontal diseases and changes in the immune system. Medical Immunology. 2007;(2-3):294-295. Russian.
16. Berezow AB, Darveau RP. Microbial shift and periodontitis. Periodontol. 2000. 2011;55(1):36-47.
17. Badel T, Jerolimov V, Pandurić J. Dental/Orofacial trauma in contact sports and intraoral mouthguard programmes. Kinesiology. 2007;39(1):97-105.

18. **Centerwall BS, Armstrong CW, Funkhouser LS, Elzay RP.** Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool // *American journal of epidemiology.* 1986. Vol.123, №4. P. 641-647. DOI:10.1093/oxfordjournals.aje.a114283

19. **Chuenarrom C, Daosodsai P, Charoenphol P.** Effect of excessive trichloroisocyanuric acid in swimming pool water on tooth erosion // *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2014. Jul. - Aug.36, №4. P. 445-450.

20. **Chuenarrom C, Daosodsai P, Benjakul P.** Erosive potential of low pH swimming pool water on dental enamel // *J Health Res.* 2010. Vol.24, №2. P. 91-94.

21. **Dawes C, Boroditsky CL.** Rapid and severe tooth erosion from swimming in an improperly chlorinated pool: case report // *J Can Dent Assoc.* 2008. May 74, №4. P. 359-61.

22. **Dawes C.** What Is the Critical pH and Why Does a Tooth Dissolve in Acid? // *Journal Canadian Dental Association.* January 2004. Vol.69, №11. P. 722-4.

23. **Wiegand A, Attin T.** Occupational dental erosion from exposure to acids - a review // *Occupational Medicine.* 2007. Vol.57, P. 169-176. DOI:10.1093/occmed/kql163

24. **Mehdipour M, Zenooz AT, Gholizadeh N, Bahramian A, Pour NS.** Evaluation the Effect of Swimming Time on Dental Erosion among Swimmers // *J Islam Dent Assoc Iran.* 2013. Vol.25, №2. P. 76-79.

25. **D'Ercole S, Tieri M, Martinelli D, Tripodi D.** The effect of swimming on oral health status: competitive versus non-competitive athletes // *J Appl Oral Sci.* 2016. Mar-Apr. Vol.24, №2. P. 107-113. DOI: 10.1590/1678-775720150324

26. **Milosevic A, Kelly MJ, McLean AN.** Sports supplement drinks and dental health in competitive swimmers and cyclists // *British dental journal.* April 1997. Vol.182, №8. P. 303-8. DOI: 10.1038/sj.bdj.4809372

27. **Geurtsen W.** Rapid general dental erosion by gas-chlorinated swimming pool water. Review of the literature and case report // *Am J Dent.* 2000. Vol.13, №6. P. 291-3.

28. **Gleeson M, McDonald WA, Cripps AW, Clancy RL, Fricker PA.** The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers // *Clin Exp Immunol.* 1995. Vol.102, №1. P. 210-216. DOI: 10.1111/j.1365-2249.1995.tb06658.x

29. **Gleeson M, McDonald WA, Pyne DB, Cripps AW, Fricker PA, Clancy RL, Horn PL.** Pneumococcal antibody responses in elite swimmers // *Clin Exp Immunol.* 1996. Vol.105, №2. P. 238-44. DOI:10.1046/j.1365-2249.1996.d01-752.x

30. **Baghele ON, Majumdar IA, Thorat MS, Nawar R, Baghele MO, Makkad S.** Prevalence of Dental Erosion Among Young Competitive Swimmers: A Pilot Study // *Compend Contin Educ Dent.* 2013. Vol 34, №2. P. 20-24.

31. **Buczowska-Radlińska J, Łagocka R, Kaczmarek W, Górski M.** Prevalence of dental erosion in adolescent competitive swimmers exposed to gas-chlorinated swimming pool water // *Clinical Oral Investigations.* 2013. Vol.17, №2. P. 579-583. DOI:10.1007/s00784-012-0720-6

32. **Zebrauskas A, Birskute R, Maciulskiene V.** Prevalence of Dental Erosion among the Young Regular Swimmers in Kaunas, Lithuania // *J Oral Maxillofac Res.* 2014. Vol.5, №2. P. 6. DOI:10.5037/jomr.2014.5206

33. **Bretz WA, Carrilho MR.** Salivary Parameters of Competitive Swimmers at Gas-Chlorinated Swimming-Pools // *Journal of Sports Science and Medicine.* 2013. Vol 1, №12. P. 207-208.

34. **Escartin JL, Arnedo A, Pinto V, Vela MJ.** A study of dental staining among competitive swimmers // *Community Dent Oral Epidemiol.* 2000 Vol. 28, №1, P.10-17. DOI:10.1034/j.1600-0528.2000.280102.x

35. **Gabai Y, Fattal B, Rahamin E, Gedalia I.** Effect of pH levels in swimming pools on enamel of human teeth // *Am J Dent.* 1988. Vol.1, №6, P. 241-243.

18. **Centerwall BS, Armstrong CW, Funkhouser LS, Elzay RP.** Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *American journal of epidemiology.* 1986;123(4):641-647.

19. **Chuenarrom C, Daosodsai P, Charoenphol P.** Effect of excessive trichloroisocyanuric acid in swimming pool water on tooth erosion. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2014;36(4):445-450.

20. **Chuenarrom C, Daosodsai P, Benjakul P.** Erosive potential of low pH swimming pool water on dental enamel. *J Health Res.* 2010;24(2):91-94.

21. **Dawes C, Boroditsky CL.** Rapid and severe tooth erosion from swimming in an improperly chlorinated pool: case report. *J Can Dent Assoc.* 2008;74(4):359-61

22. **Dawes C.** What Is the Critical pH and Why Does a Tooth Dissolve in Acid? *Journal Canadian Dental Association.* 2004;69(11):722-4.

23. **Wiegand A, Attin T.** Occupational dental erosion from exposure to acids: a review. *Occupational Medicine.* 2007;57:169-176.

24. **Mehdipour M, Zenooz AT, Gholizadeh N, Bahramian A, Pour NS.** Evaluation the Effect of Swimming Time on Dental Erosion among Swimmers. *J Islam Dent Assoc Iran.* 2013;25(2):76-79.

25. **D'Ercole S, Tieri M, Martinelli D, Tripodi D.** The effect of swimming on oral health status: competitive versus non-competitive athletes. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(2):107-113.

26. **Milosevic A, Kelly MJ, McLean AN.** Sports supplement drinks and dental health in competitive swimmers and cyclists. *British dental journal.* 1997;182(8):303-8.

27. **Geurtsen W.** Rapid general dental erosion by gas-chlorinated swimming pool water. Review of the literature and case report. *Am J Dent.* 2000;13(6):291-3.

28. **Gleeson M, McDonald WA, Cripps AW, Clancy RL, Fricker PA.** The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clin Exp Immunol.* 1995;102(1):210-216.

29. **Gleeson M, McDonald WA, Pyne DB, Cripps AW, Fricker PA, Clancy RL, Horn PL.** Pneumococcal antibody responses in elite swimmers. *Clin Exp Immunol.* 1996;105(2):238-44.

30. **Baghele ON, Majumdar IA, Thorat MS, Nawar R, Baghele MO, Makkad S.** Prevalence Of Dental Erosion Among Young Competitive Swimmers: A Pilot Study. *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34(2):20-24.

31. **Buczowska-Radlińska J, Łagocka R, Kaczmarek W, Górski M.** Prevalence of dental erosion in adolescent competitive swimmers exposed to gas-chlorinated swimming pool water. *Clinical Oral Investigations.* 2013;17(2):579-583.

32. **Zebrauskas A, Birskute R, Maciulskiene V.** Prevalence of Dental Erosion among the Young Regular Swimmers in Kaunas, Lithuania, *J Oral Maxillofac Res.* 2014;5(2):6.

33. **Bretz WA, Carrilho MR.** Salivary Parameters of Competitive Swimmers at Gas-Chlorinated Swimming-Pools. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2013;1(12):207-208.

34. **Escartin JL, Arnedo A, Pinto V, Vela MJ.** A study of dental staining among competitive swimmers. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2000;28(1):10-17.

35. **Gabai Y, Fattal B, Rahamin E, Gedalia I.** Effect of pH levels in swimming pools on enamel of human teeth. *Am J Dent.* 1988;1(6):241-243.

36. **Mucenic SG, Florea A, Ormenisan A, Comaneanu RM.** In vitro evaluation of the erosive potential of chlorinated pool water on dental enamel and the protective effect of three dental materials // Materiale Plastice. 2016. Vol.53, №4. P.703-707.

37. **Lokin PA, Huysmans MC.** Is Dutch swimming pool water erosive // Ned Tijdschr Tandheelkd. 2004. Vol.111, №1. P. 14-6.

38. **Семенюта Н.И.** Влияние воды бассейна на pH ротовой полости у детей // Международный студенческий научный вестник. 2018. №1. С. 22.

Информация об авторах:

Гребенников Юрий Андреевич, аспирант сектора биохимии спорта ФГБУ СПб НИИФК Минспорта России. ORCID ID: 0000-0002-1065-0942 (+7 (911) 955-36-83, agrebenn@yandex.ru)

Гольберг Наталия Давидовна, заведующая сектором биохимии спорта ФГБУ СПб НИИФК Минспорта России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-2689-5503

Information about the authors:

Yury A. Grebennikov, Postgraduate Student of the Saint-Petersburg Scientific Research Institute for Physical Culture. ORCIDID: 0000-0002-1065-0942 (+7 (911) 955-36-83, agrebenn@yandex.ru)

Natalia D. Golberg, Ph.D. (Biology), Head of the Department of Biochemistry of the Saint-Petersburg Scientific Research Institute for Physical Culture. ORCID ID: 0000-0003-2689-5503

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 27.08.2019

Принята к публикации: 25.10.2019

Received: 27 August 2019

Accepted: 25 October 2019

36. **Mucenic SG, Florea A, Ormenisan A, Comaneanu RM.** In vitro evaluation of the erosive potential of chlorinated pool water on dental enamel and the protective effect of three dental materials. Materiale Plastice. 2016;53(4):703-707.

37. **Lokin PA, Huysmans MC.** Is Dutch swimming pool water erosive. Ned Tijdschr Tandheelkd. 2004;111(1):14-6.

38. **Semenyuta NI.** The effect of pool water on the pH of the oral cavity in children. Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik. 2018;1:22. Russian.

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.55

УДК: 615.272:322

Влияние соединения АТАСЛ на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок ЖИВОТНЫХ

А.В. Воронков, А.Д. Геращенко, Т.А. Лысенко, Е.Е. Зацепина, А.В. Арльт

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

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить влияние соединения АТАСЛ (4-гидрокси-3,5-ди-трет-бутилкоричная кислота) на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок животных. **Материалы и методы:** проведено исследование по изучению влияния производного коричной кислоты на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок животных. Эксперимент выполнен на 40 беспородных мышцах-самцах массой 22-24 гр. Животных подвергали ежедневным истощающим нагрузкам в течение 5 дней в тесте «Бег на тредбане». Изучаемое соединение АТАСЛ вводили интрагастрально в дозировке 100 мг/кг за 30 мин. до предполагаемой физической нагрузки. По истечению эксперимента животных декапитировали и производили забор крови для оценки молочной, пировиноградной кислот, коэффициента лактат/пируват и маркера мышечной деструкции миоглобина. **Результаты:** в ходе эксперимента установлено, что на фоне физической нагрузки 4-гидрокси-3,5-ди-трет-бутилкоричная кислота нивелирует процессы ацидоза в крови, наблюдается увеличение содержания пирувата в крови, относительно группы негативного контроля в 10,7 раз ($p < 0,05$) и снижении коэффициента лактат/пируват в 28,6 раза ($p < 0,05$). При этом, уровень миоглобина, в группе, получавшая АТАСЛ, было ниже в сравнении с группой негативного контроля, в 2,1 раза ($p < 0,05$). Стоит отметить, что статистически значимых отличий по показателям «лактат», «пируват», «миоглобин» в группе, получавшая АТАСЛ, в сравнении с группой животных, получавших Метапрот, отмечено не было. **Выводы:** полученные данные позволяют рекомендовать данное соединение в качестве корректора биохимических сдвигов, возможных при физической нагрузке.

Ключевые слова: физическая нагрузка, спорт, биохимические изменения, лактат, пируват, миоглобин, 4-гидрокси-3,5-ди-трет-бутилкоричная кислота

Для цитирования: Воронков А.В., Геращенко А.Д., Лысенко Т.А., Зацепина Е.Е., Арльт А.В. Влияние соединения АТАСЛ на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок животных // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 55-59. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.55.

Influence of ATACL compounds on some biochemical indicators in conditions of exhausting exercise in animals

*Andrey V. Voronkov, Anastasia D. Gerashchenko, Tatyana. A. Lysenko, Elena E. Zatsepina,
Arkady. V. Arlt*

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

ABSTRACT

Objective: to study the effect of the ATACL (4-hydroxy-3,5-di-tert-butylcinnamic acid) compound on some biochemical parameters under conditions of exhausting exercise in animals. **Materials and methods:** the study was conducted to study the effect of a cinnamic acid derivative on certain biochemical parameters under conditions of exhausting exercise in animals. The experiment was performed on 40 outbred male mice weighing 22-24 grams. Animals were subject to daily exhausting exercise for 5 days in the treadmill running test. The test compound ATACL was administered intragastrically at a dose of 100 mg/kg for 30 minutes before the exercise. At the end of the experiment, the animals were decapitated and blood was taken to assess lactic, pyruvic acid, the lactate/pyruvate coefficient and myoglobin as the marker of muscle damage. **Results:** It was found that upon exercise, 4-hydroxy-3,5-di-tert-butylcinnamic acid neutralizes the acidic pH. 10.7 times ($p < 0.05$) increase in the concentration of pyruvate in the blood was observed compared to the negative control group, and a decrease in the lactate / pyruvate coefficient by 28.6 times ($p < 0.05$). At the same time, the level of myoglobin in the group receiving ATACL was 2.1 times lower compared to the negative control group ($p < 0.05$). No significant differences were observed in terms of lactate, pyruvate, and myoglobin concentration in the group treated with ATACL, in comparison with the group of animals treated with Metaprot. **Conclusions:** the data obtained allow us to recommend this compound as a corrector of biochemical shifts that are possible during physical exertion.

Key words: physical activity, sport, biochemical changes, lactate, pyruvate, myoglobin, 4-hydroxy-3,5-di-tert-butylcinnamic acid

For citation: Voronkov AV, Gerashchenko AD, Lysenko TA, Zatsepina EE, Arlt AV. Influence of ATACL compounds on some biochemical indicators in conditions of exhausting exercise in animals. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):55-59. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.55.

1. Введение

Чрезмерные физические нагрузки, которым подвергаются спортсмены, приводят к изменениям физиологических и биохимических характеристик мышечной ткани (снижение сокращения мышечного волокна, нарушение эффективности движения и т.д.) [1-7]. В результате усиленной мышечной работы, вследствие недостаточного поступления кислорода в ткани, возможно проявление мышечной гипоксии, что в конечном итоге может приводить к активации гликолиза и накоплению недоокисленных продуктов обмена (лактат, неорганические фосфаты и т.д.) [8-10]. В результате чего наблюдается снижение работоспособности, выносливости [11], изменение скоростно-силовых характеристик. Зарядные нагрузки могут также приводить к деструкции мышечной ткани [12, 13].

Исходя из вышесказанного, становится актуальным вопрос поиска соединений, которые нивелируют данные нарушения на фоне истощающих физических нагрузок. Интерес в области спортивной медицины представляет производное коричной кислоты под лабораторным шифром АТАСЛ (4-гидрокси-3,5-ди-трет-бутилкоричная кислота).

Цель исследования – изучить влияние соединения АТАСЛ на некоторые биохимические показатели в условиях истощающих физических нагрузок животных.

2. Материалы и методы

Экспериментальное исследование выполнено на 40 беспородных мышах-самцах массой 22-24 г, полученных из питомника лабораторных животных «Рапполово» (г. Санкт-Петербург). Мышей содержали в пластиковых клетках, при свободном доступе к воде и пище. Проводимые манипуляции с животными соответствовали требованиям международной Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей (Страсбург, 1986 г.). Предварительно животные были рандомизированы по весу, а также скорости бега в тесте «Бег на тредбане». После чего были сформированы 4 равные экспериментальные группы по 10 мышей. Интактная группа животных (ИК) подвергалась физическим нагрузкам с днями отдыха, вторая группа – негативный контроль (НК) получала на всем протяжении 0,9% раствор натрия хлорида. Третья группа животных получала соединение АТАСЛ в дозировке 100 мг/кг [14]. Изучаемое соединение было выделено в Пятигорском медико-фармацевтическом институте ФГБОУ ВО ВолгГМУ МЗ РФ на кафедре органической химии под руководством профессора, д.ф.н. Оганесяна Э.Т. Препаратом сравнения в данном исследовании (четвертая группа) выступал этилтиобензимидазолагидробромид (Метапрот) в дозировке 25 мг/кг [15]. Все исследуемые соединения вводили интрагастрально за 30 мин до тестирования перед проведением бега животных.

Физическую нагрузку оценивали в тесте «Бег на тредбане» на протяжении 5 дней [16]. После чего у животных забирали кровь для дальнейшей оценки следующих маркеров утомления: молочной (МК), пировиноградной кислоты (ПК) и миоглобина. Определение концентрации МК и ПК проводили с использованием стандартного набора реактивов производства компании «Арбис+» энзиматическим колориметрическим методом.

Миоглобин определяли методом высокочувствительного твердофазного иммуноферментного анализа на микропланшетном ридере Tecan Infinite F50 (Австрия).

Результаты опытов обрабатывали методом вариационной статистики. Вычисляли среднее значение (М) и стандартную ошибку среднего значения (m). Полученные данные проверяли на нормальность распределения с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. В случае нормального распределения данных использовали параметрический t-критерий Стьюдента. При ненормальном распределении результатов эксперимента дальнейшую статистическую обработку данных проводили с использованием U-критерия Манна-Уитни.

3. Результаты и их обсуждение

Ежедневные истощающие физические нагрузки к пятому дню эксперимента приводят к повышению уровня в крови животных лактата в 4,9 раз ($p < 0,05$) (рис. 1), снижению пирувата в 7,2 раза ($p < 0,05$) и увеличению коэффициента лактат/пируват в 10 раз ($p < 0,05$), в сравнении с группой интактных животных. Миоглобин, как один из маркеров деструкции мышечной ткани, был выше в 2 раза ($p < 0,05$).

Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что физическая нагрузка, которой были подвержены животные, провоцирует развитие в организме гиперлактатемии с повреждением тканей работающих мышц, что подтверждается в ранее проводимых исследованиях [16, 17].

На фоне применения 4-гидрокси-3,5-ди-трет-бутилкоричной кислоты (под лабораторным шифром АТАСЛ) относительно группы негативного контроля, наблюдается устранение данных негативных проявлений, что выражается в снижении уровня лактата – в 2,6 раза ($p < 0,05$), повышении пирувата – в 10,7 раз ($p < 0,05$) и снижении коэффициента лактат/пируват в 28,6 раза ($p < 0,05$). Уровень миоглобина при этом был достоверно выше с сравнением с группой НК в 2,1 раза ($p < 0,05$).

Применение препарата сравнения Метапрот привело не только к нивелированию процессов ацидоза, но и снижению маркера мышечной деструкции у животных. Данный факт нашел свое отражение в снижении, по сравнению с группой мышей негативного контроля МК (3,3 раза ($p < 0,05$)), повышении ПК (5,6 раз ($p < 0,05$)), снижении МК/ПК (18,4 раза ($p < 0,05$)) и снижению миоглобина (2,1 раза ($p < 0,05$)).

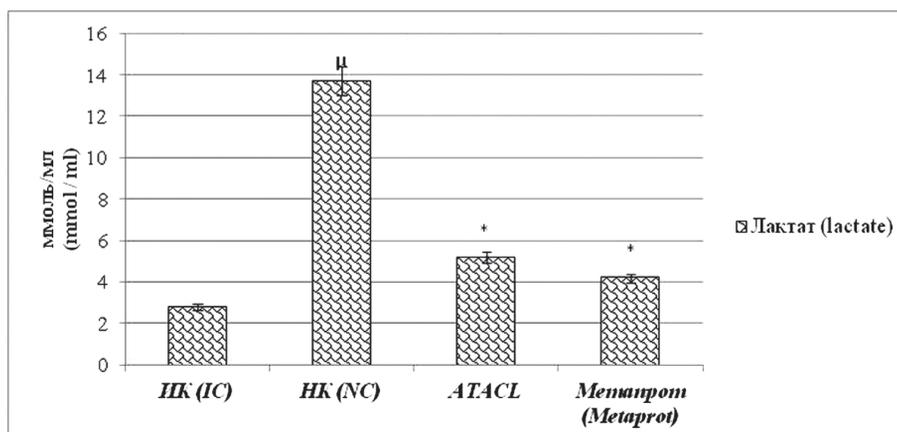


Рис. 1. Изменение уровня молочной кислоты в сыворотке крови животных после перенесенных физических нагрузок.

Pic. 1. Changes of lactate level in the animals blood serum after physical activity.

Примечание: μ – достоверно для интактной (ИК) группы ($p < 0,05$); * – достоверно для группы негативного контроля (НК) ($p < 0,05$); АТАСЛ – 4-гидрокси-3,5-ди-tert-бутил-коричная кислота

Note: μ – significant for intact group (IC) ($p < 0,05$); * – significant for negative control group (NC) ($p < 0,05$); АТАСЛ – 4-hydroxy-3,5-di-tert-butyl-cinnamic acid

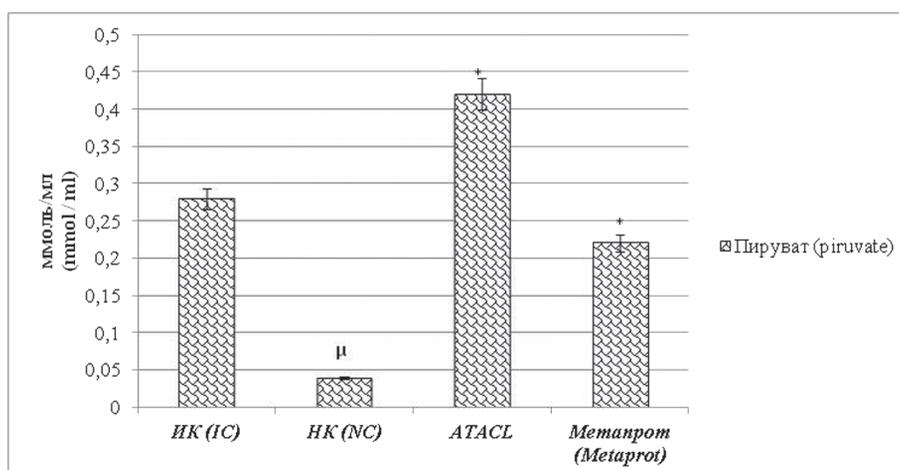


Рис. 2. Изменение уровня пировиноградной кислоты в сыворотке крови животных после перенесенных физических нагрузок.

Pic. 2. Changes of pyruvate level in animals blood serum after physical activity.

Примечание: μ – достоверно для интактной (ИК) группы ($p < 0,05$); * – достоверно для группы негативного контроля (НК) ($p < 0,05$); АТАСЛ – 4-гидрокси-3,5-ди-tert-бутил-коричная кислота

Note: μ – significant for intact group (IC) ($p < 0,05$); * – significant for negative control group (NC) ($p < 0,05$); АТАСЛ – 4-hydroxy-3,5-di-tert-butyl-cinnamic acid

Стоит отметить, что статистически значимых отличий по показателям «лактат», «пируват», «миоглобин» в группе, получавшая АТАСЛ, в сравнении с группой животных, получавших Метанпрол, отмечено не было.

4. Выводы

1. Смоделированная 5-дневная физическая нагрузка приводит к изменениям не только кислотно-щелочного равновесия, а также структуры мышечных волокон, что нашло свое отражение в увеличении уровня миоглобина в крови у животных, лишенных фармакологической коррекции (НК) в 2 раза ($p < 0,05$).

2. На фоне изучаемого соединения наблюдается как нивелирование возникшего ацидоза, так и достоверное

снижение уровня миоглобина. На фоне применения АТАСЛ относительно группы НК, наблюдается снижение уровня лактата – в 2,6 раза ($p < 0,05$), повышение пирувата – в 10,7 раз ($p < 0,05$) и снижение коэффициента лактат/пируват в 28,6 раза ($p < 0,05$). Уровень миоглобина при этом был достоверно выше с сравнении с группой НК в 2,1 раза ($p < 0,05$). При этом статистически значимых отличий по показателям «лактат», «пируват», «миоглобин» в группе, получавшая АТАСЛ, в сравнении с группой животных, получавших Метанпрол, отмечено не было.

3. Полученные данные позволяют рекомендовать данное соединение в качестве корректора биохимических сдвигов, возможных при физической нагрузке.

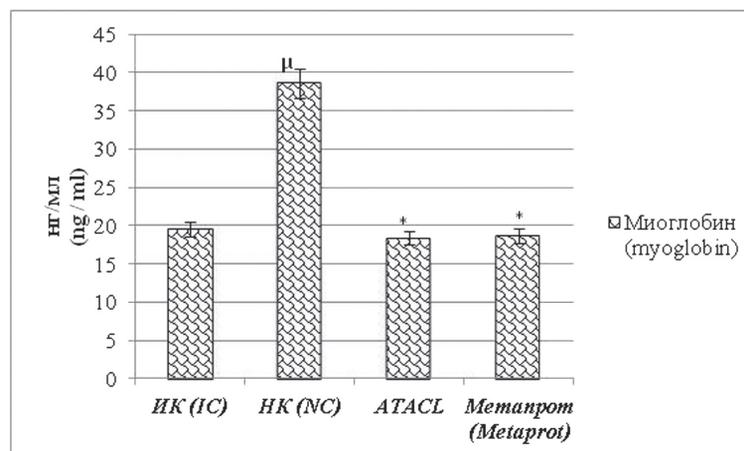


Рис. 3. Изменение уровня миоглобина у животных после перенесенных физических нагрузок.

Fig. 3. Changes of myoglobin level in animals after physical activity.

Примечание: μ – достоверно для интактной (ИК) группы ($p < 0,05$); * – достоверно для группы негативного контроля (HK) ($p < 0,05$); ATACL – 4-гидрокси-3,5-ди-tert-бутил-коричная кислота

Note: μ – significant for intact group (IC) ($p < 0,05$); * – significant for negative control group (NC) ($p < 0,05$); ATACL – 4-hydroxy-3,5-di-tert-butyl-cinnamic acid

Список литературы

- Hedayatpour N, Falla D, Arendt Nielsen L, Farina D. Effect of delayed on set muscle soreness on muscle recovery after a fatiguing isometric contraction // Scand. J. Med. Sci. Sports. 2010. Vol. 20. P. 145. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00866.
- Proia P, Di Liegro CM, Schiera G, Fricano A, Di Liegro I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System // Int J Mol Sci. 2016. Vol.17, №9. P. 1450. DOI: 10.3390/ijms17091450.
- Blume K, Körber N, Hoffmann D, Wolfarth B. Training Load, Immune Status, and Clinical Outcomes in Young Athletes: A Controlled, Prospective, Longitudinal Study // Front Physiol. 2018. Vol.9. P. 120. DOI:10.3389/fphys.2018.00120.
- Ando S, Hatamoto Y, Sudo M, Kiyonaga A, Tanaka H, Higaki Y. The effects of exercise under hypoxia on cognitive function. PLoS One. 2013. Vol.8. DOI:10.1371/journal.pone.0063630.
- Wang Y, Huang Y, Yang J, Zhou FQ, Zhao L, Zhou H. Pyruvate is a prospective alkalizer to correct hypoxic lactic acidosis // Mil Med Res. 2018. Vol.5, №1. P. 13-26. DOI:10.1186/s40779-018-0160-y.
- Морозов Ю.С., Шмелева С.В. Методика восстановления функционального состояния юных спортсменов после соревновательного периода // Вестник восстановительной медицины. 2017. №6(82). С. 89-94.
- Коломиец О.И., Петрушкина Н.П., Быков Е.В. Качество восстановительных процессов спортсменов после аэробных нагрузок и после авиаперелета // Вестник восстановительной медицины. 2018. №2. С. 124-128.
- Бехтерева Т.Л., Борисова О.Н., Вигдорчик В.И., Корякин А.А., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Обоснование способа электролазерной миостимуляции и лазерофореза // Вестник новых медицинских технологий. 2004. Т.11, №1-2. С. 66-68.
- Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. М.: Изд. Олимпийская литература, 2000. 503 с.
- Woods AL, Rice AJ, Garvican-Lewis LA. The effects of intensified training on resting metabolic rate (RMR), body composition and performance in trained cyclists // PLoS One. 2018. Vol13, №2. e0191644. DOI:10.1371/journal.pone.0191644.

References

- Hedayatpour N, Falla D, Arendt Nielsen L, Farina D. Effect of delayed on set muscle soreness on muscle recovery after a fatiguing isometric contraction. Scand. J. Med. Sci. Sports. 2010;20:145. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00866.
- Proia P, Di Liegro CM, Schiera G, Fricano A, Di Liegro I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. Int J Mol Sci. 2016;17(9):1450. DOI: 10.3390/ijms17091450.
- Blume K, Körber N, Hoffmann D, Wolfarth B. Training Load, Immune Status, and Clinical Outcomes in Young Athletes: A Controlled, Prospective, Longitudinal Study. Front Physiol. 2018;9:120 DOI:10.3389/fphys.2018.00120.
- Ando S, Hatamoto Y, Sudo M, Kiyonaga A, Tanaka H, Higaki Y. The effects of exercise under hypoxia on cognitive function. PLoS One. 2013;8(5). DOI:10.1371/journal.pone.0063630.
- Wang Y, Huang Y, Yang J, Zhou FQ, Zhao L, Zhou H. Pyruvate is a prospective alkalizer to correct hypoxic lactic acidosis. Mil Med Res. 2018;5(1):13-26. DOI:10.1186/s40779-018-0160-y.
- Morozov YuS, Shmeleva SV. The method of recovery the functional state of young sportsmen after the competition period. Bulletin of rehabilitation medicine. 2017;6(82):89-94. Russian.
- Kolomiets OI, Petrushkina NP, Bykov EV. The quality of the recovery process of athletes after aerobic exercise and after the flight. Bulletin of rehabilitation medicine. 2018;2(84):124-128. Russian.
- Bekhtereva TL, Borisova ON, Vigdorichik VI, Khadar-tsev AA, Fudin NA, Koryagin AA. Substantiation of the method of electro-laser mypstimulation and laserophoresis. Journal of new medical technologies. 2004;11(1-2):66-68. Russian.
- Volkov NI, Nesen EN, Osipenko AA, Korsun SN. Bio-khimiya myshechnoy deyatelnosti. Izd. Olimpiyskaya literatura. 2000. 503 p. Russian.
- Woods AL, Rice AJ, Garvican-Lewis LA. The effects of intensified training on resting metabolic rate (RMR), body composition and performance in trained cyclists. PLoS One. 2018;13(2):e0191644. DOI:10.1371/journal.pone.0191644.

11. **Halsion SL.** Monitoring training load to understand fatigue in athletes // *Sports Med.* 2014. Vol.44. P. 139-147. DOI:10.1007/s40279-014-0253-z.

12. **Воронков А.В., Муравьева Н.А.** Развитие эндотелиальной дисфункции, возникающей при физическом и психоэмоциональном перенапряжении // *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2013. №.10(118). С. 32-39.

13. **Еликов А.В., Цапок П.И.** Комплексная оценка белкового, пуринового, углеводного и липидного метаболизма при умеренной и напряженной мышечной деятельности // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2010. №2. С. 27-30.

14. **Воронков А.В., Абаев В.Т., Оганесян Э.Т., Поздняков Д.И.** Изучение влияния субстанции АТАСЛ на физическое и психическое состояние животных в условиях длительных истощающих нагрузок // *Современные проблемы науки и образования.* 2015. №3. С. 628.

15. **Трошина М.В., Иванова Т.Г., Лютый Р.Ю., Цублова Е.Г., Яснецов В.В., Скачилова С.Я.** Исследование влияния новых производных гетероциклических соединений и аминокислот на физическую работоспособность животных в обычных условиях // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация.* 2015. №4. С. 176-179.

16. **Воронков А.В., Геращенко А.Д.** Влияние экстракта тыквы на уровень выносливости и некоторые биохимические показатели крови мышей на фоне физической нагрузки // *Медицинский вестник Северного Кавказа.* 2019. Т.14, №1-2. С. 270-272.

17. **Фудин Н.А., Вагин Ю.Е., Пигарева С.Н.** Системные механизмы утомления при физических нагрузках циклической направленности // *Вестник новых медицинских технологий.* 2014. Т.21, №3. С. 118-121.

11. **Halsion SL.** Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014;44:139-147. DOI:10.1007/s40279-014-0253-z.

12. **Voronkov AV, Murav'eva NA.** Development of endothelial dysfunction resulting from physical and psychoemotional overstrain. *Exercise Therapy and Sports Medicine.* 2013; 118(10): 32-39. Russian.

13. **Elikov AV, Tsapok PI.** Complex evaluation of protein, purinic, carbohydrate and lipid metabolism in moderate and intense muscular activities. *Pathological physiology and experimental therapy.* 2010;2:27-30. Russian.

14. **Voronkov AV, Abaev VT, Oganesyanyan ET, Pozdnyakov DI.** Studying of influence of new natural atacl substance on the physical and mental condition of animals in the conditions of the long exhausting loadings. *Modern problems of science and education.* 2015;3:628. Russian.

15. **Troshina MV, Ivanova TG, Lyutyty RYu, Tsublova EG, Yasnetsov VV, Skachilova SYa.** Research the influence of new derivatives of heterocyclic compounds and amino acids on animals physical activity under normal conditions. *Scientific bulletins of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacia.* 2015;4(201):176-179. Russian.

16. **Voronkov AV, Gerashchenko AD.** Effect of pump extract on level of endurance and some biochemical parameters of mice blood on the background of physical load. *Medical News of North Caucasus.* 2019;14(1-2):270-272. Russian.

17. **Fudin NA, Vaguine YuYe, Pigareva SN.** System fatigue mechanisms at exercises of circular orientation. *Journal of new medical technologies.* 2014;21(3):118-121. Russian.

Информация об авторах:

Воронков Андрей Владиславович, заведующий кафедрой фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-6638-6223

Геращенко Анастасия Дмитриевна, старший преподаватель кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0003-0294-2926 (+7 (928) 820-89-54, anastasia_gerashchenko@mail.ru)

Лысенко Татьяна Александровна, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, к.ф.н. ORCID ID: 0000-0002-7909-1106

Зацепина Елена Евгеньевна, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, к.б.н. ORCID ID: 0000-0002-0511-0220

Арльт Аркадий Вальтерович, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, к.ф.н. ORCID ID: 0000-0001-5721-0613

Information about the authors:

Andrei Voronkov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Pharmacology with a Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-6638-6223

Anastasia Gerashchenko, M.D., Senior Lecturer of the Department of Pharmacology with a Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0003-0294-2926 (+7 (928) 820-89-54; anastasia_gerashchenko@mail.ru)

Tatyana Lysenko, M.D., Ph.D (Pharmaceutical), Associate Professor of the Department of Pharmacology with a Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-7909-1106

Elena Zatsepina, Ph.D (Biology), Associate Professor of the Department of Pharmacology with a Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0511-0220

Arkady Arlt, M.D., Ph.D (Pharmaceutical), Associate Professor of the Department of Pharmacology with a Course of Clinical Pharmacology of the Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of the Volgograd State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-5721-0613

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 21.10.2019

Принята к публикации: 03.12.2019

Received: 21 October 2019

Accepted: 03 December 2019

К вопросу о необходимости оптимизации психологических мероприятий медико-биологического обеспечения спортсменов высшей квалификации

*С.И. Баршак¹, А.Е. Иголкина¹, К.С. Назаров¹, И.Н. Митин¹, С.А. Парастаев^{1,2},
А.В. Жолинский¹*

¹ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации,
Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Министерство здравоохранения РФ, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявление особенностей дезадаптационных нарушений у спортсменов сборных команд России в связи с необходимостью внесения изменений в существующую систему мероприятий психологического характера медико-биологического обеспечения спорта высших достижений. **Материалы и методы:** анализированы результаты психологической диагностики 1176 спортсменов сборных команд России, проводимой в рамках углубленного медицинского обследования за период с 2015 по 2018 год. Рассмотрены спортивные единоборства, циклические, игровые, скоростно-силовые и сложно-координационные виды спорта. **Результаты:** выявлены закономерности адаптации психической сферы спортсменов разного пола, возраста, специализации и квалификации. **Выводы:** существенным дезадаптационным нарушениям подвержены спортсмены различных сборных команд России от юниоров до заслуженных мастеров спорта. В этой связи необходимо внесение изменений в существующую систему мероприятий психологического характера медико-биологического обеспечения – внедрение программ профилактики и коррекции дезадаптаций.

Ключевые слова: спортсмены высшей квалификации, сборные команды России, мероприятия психологического характера, медико-биологическое обеспечение, углубленное медицинское обследование, адаптация, дезадаптация

Для цитирования: Баршак С.И., Иголкина А.Е., Назаров К.С., Митин И.Н., Парастаев С.А., Жолинский А.В. К вопросу о необходимости оптимизации психологических мероприятий медико-биологического обеспечения спортсменов высшей квалификации // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 60-66. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.60.

Revisiting the need for optimization of psychological interventions in the medical service system for elite athletes

*Sergey I. Barshak¹, Aleksandra E. Igolkina¹, Kirill S. Nazarov¹, Igor N. Mitin¹,
Sergey A. Parastaev², Andrey V. Zholinskiy¹*

¹Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: revelation of disadaptation among Russian elite athletes of necessity to optimize psychological interventions among biomedical support system for elite athletes. All participants were athletes of several Russian national teams, among them cyclic sports, game sports, complex coordination sports, and combat sports. **Materials and methods:** data obtained from 1176 elite athletes during extended medical examinations (EME) within the period from 2015 to 2018 were studied. **Results:** research reveals the relationship between psychical adaptation and athletes' gender, age, level of experience, and sport-related specifics. **Conclusions:** athletes of various Russian national teams (from juniors to elite) suffer from notable disadaptation. Thereupon the necessity of changes to the existing system of psychophysiological interventions within national teams (namely: development of preventive treatment programs and correction of disadaptation programs) verify its importance.

Key words: elite athletes, Russian national teams, extended medical examination (EME), psychological interventions, biomedical support system, adaptation, disadaptation

For citation: Barshak SI, Igolkina AE, Nazarov KS, Mitin IN, Parastaev SA, Zholinsky AV. Revisiting the need for optimization of psychological interventions in the medical service system for elite athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):60-66. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.60.

1. Введение

Мероприятия психологического характера применяются в практике спортивной деятельности, опираясь, как правило, на общее представление о необходимости как можно более полной реализации профессионально-психологического потенциала личности и удовлетворение потребностей субъекта спортивной деятельности [1]. Акцент таким образом ставится на содействие спортсмену в достижении максимальных для него результатов и создании благоприятных условий для его профессионального и личностного развития [2]. В традиционно выделяемых задачах проведения мероприятий психологического характера при этом отсутствуют профилактическая и коррекционная составляющие. Так, В.А Курашвили выделяет следующие задачи работы психолога в спорте [3]:

1. Анализ социально-психологических условий спортивной деятельности;
2. Исследование особенностей развития и формирования личности в условиях спортивной деятельности;
3. Изучение психологических основ формирования двигательных навыков и качеств;
4. Обоснование факторов, обеспечивающих успешность соревновательной деятельности;
5. Определение основ психологического обеспечения спортивной деятельности.

В то же время, очевидно, что спорт высших достижений сопряжен с потенциальными опасностями для здоровья спортсменов том смысле, что тренировочная и соревновательная деятельность зачастую несут в себе экстремальные стрессорные воздействия, вызывающие напряжение психического состояния спортсмена [4]. Это отражается в приближении барьерных возможностей адаптации к критической границе и нарушению функциональной стабильности. В результате сужаются и качественно изменяются приспособительные возможности, и формируются специфические предпосылки для возникновения травм, увеличению числа профессиональных ошибок, развитию или обострению психосоматических заболеваний, и, в целом, к снижению уровня спортивного здоровья и долголетия [4-6].

В этой связи продуктивным представляется опыт медико-психологического обеспечения лиц опасных профессий. Накопленные экстремальной медициной за последние 20 лет данные, также указывают на то, что именно дезадапционные нарушения, проявляющиеся в расстройствах восприятия, памяти, внимания, моторики с соматовегетативным сопровождением у исходно здоровых лиц, обнаруживаемые по отдельности, либо в совокупности, в значительной части случаев становятся причиной ошибок в принятии решений, ведущих к инцидентам и авариям, обусловленным человеческим фактором [7, 8]. Так, А.Г. Маклаков [9], изучая профессиональное здоровье военнослужащих, рассматривает его как базовый элемент единой системы психологического обеспечения их деятельности. Основными направлени-

ями психологического обеспечения профессионального здоровья военнослужащих автор считает [9] выявление так называемой группы "риска"; психологическое сопровождение профессиональной деятельности военнослужащих, психологическая реабилитация и коррекция лиц, перенесших воздействие факторов психотравмирующих ситуаций. В свою очередь А.И. Артемов с соавт. [10] описывают комплекс мероприятий, проводимых для предупреждения или максимального ослабления воздействия на спасателей МЧС России повреждающих факторов чрезвычайных ситуаций. Данная система включает в себя профилактику невротических реакций; морально-психологическую подготовку спасателей; психотерапию возникших нервно-психических расстройств [10, 11].

При этом проведенные ранее специалистами ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России в рамках Государственного задания по научно-исследовательской работе (шифр «Психосоматика-17») исследования показали высокую распространенность заболеваний с психосоматическими механизмами среди спортсменов высшей квалификации – 28,1% исследуемой от выборки [7]. В связи с вышеперечисленным актуальным представляется перенос акцента в содержании психологических мероприятий медико-биологического обеспечения высококвалифицированных спортсменов на выявление нарушений психической адаптации и коррекцию дезадаптаций в целях сохранения и укрепления здоровья спортсменов и поддержания необходимого уровня специфических для конкретного вида спорта психических состояний.

Цель настоящего исследования состояла в выявлении особенностей дезадапционных нарушений среди спортсменов сборных команд России в связи с необходимостью внесения изменений в существующую систему мероприятий психологического характера медико-биологического обеспечения спорта высших достижений.

2. Материалы и методы

Выборку испытуемых составили 1176 спортсменов национальных сборных команд России, прошедших стандартизированное углубленное медицинское обследование (УМО) на базе ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России в период с 2015 по 2018 год [11, 7]. Возраст испытуемых на момент прохождения ими УМО варьировался от 18 до 39 лет (средний возраст – $26,3 \pm 1,7$). Выборку составили 754 (64,1%) женщины и 422 (35,9%) мужчины, занимающиеся разноплановыми видами спорта: единоборствами (199 спортсменов), циклическими (126 спортсменов), игровыми (379 спортсменов), скоростно-силовыми (58 спортсменов), сложно-координационными (414 спортсменов) видами. Значимых отличий в распределении по возрасту у мужчин и женщин выявлено не было.

Статистический анализ результатов проводили в программном пакете «IBM SPSS Statistics v.23.0.0». В силу того, что распределение значений признаков в генеральной совокупности не соответствовало нормальному за-

кону (по критерию Колмогорова-Смирнова), для работы с полученным массивом данных использовались непараметрические методы анализа. В соответствии с задачами различных частей исследования применяли непараметрические критерии: U-критерий Манна-Уитни, критерий Краскала-Уоллиса, а также W-критерий Вилкоксона.

Категориальными факторами выступали: пол спортсмена, его спортивный разряд и вид спорта. В ходе анализа использовали разделение видов спорта на циклические, игровые виды спорта, единоборства, скоростно-силовые и сложно-координационные виды.

В качестве зависимых переменных использовали результаты диагностики параметров концентрации, объема распределения и переключения внимания, скорости протекания и гибкости мыслительных процессов, оперативной памяти, тревоги, невротической депрессии, астении, истерического типа реагирования, обсессивно-фобических и вегетативных нарушений, полученные посредством использования пакета диагностических методик, предъявляемых спортсменам сборных команд России на УМО: «Кольца Ландольта», «Числовой квадрат», «Оперативная память», «Интеллектуальная лабильность», «Клинический опросник для выявления и оценки невротических состояний».

3. Результаты и их обсуждение

В результате прохождения УМО спортсмен может получить три варианта итогового заключения о состоянии психической сферы спортсменов, так называемые три «группы готовности» [11]:

Группа 1. «Признаков состояния дезадаптации не выявлено». Вывод делается при отсутствии отклонений от диагностических норм;

Группа 2. «Существенных проявлений признаков состояния дезадаптации не выявлено. Рекомендуются обратить внимание на имеющиеся неблагоприятные особенности психической сферы»;

Группа 3. «Выявлены существенные признаки состояния дезадаптации».

На предварительном этапе анализа результатов УМО были отобраны спортсмены, получившие 2-ю или 3-ю группу готовности по итогам обследования, так как именно эти группы свидетельствуют о наличии у спортсмена проявлений дезадаптации.

1. Далее в результате исследования психологических особенностей спортсменов 2-й группы УМО относительно категориальных факторов «пол», «спортивный разряд» и «вид спорта» были получены данные, свидетельствующие о существовании статистически значимых различий между спортсменами данной группы по ряду психологических характеристик (табл. 1).

Установлены значимые различия по категориальному фактору «пол» относительно следующих характеристик психологической сферы спортсменов (табл. 1):

- Объем распределения и переключения внимания: обнаруживаются более высокие значения у женщин (при $p=0,001$);

- Концентрация внимания: обнаруживаются более высокие значения у женщин (при $p<0,001$);

- Скорость протекания и гибкость мыслительных процессов: результаты говорят о большем количестве ошибок у мужчин (при $p<0,001$);

- Уровень оперативной памяти: обнаруживаются более высокие значения у женщин (при $p=0,01$);

- Шкала астении: показана большая выраженность признака у мужчин (при $p<0,001$);

- Шкала вегетативных нарушений: показана большая выраженность признака у мужчин (при $p=0,001$).

Также выявлено значимое влияние категориального фактора «вид спорта» на следующие показатели (табл. 1):

- Объем распределения и переключения внимания: более высокие значения обнаруживаются у спортсменов игровых видов спорта (при $p=0,05$);

- Концентрация внимания: более высокие значения обнаруживаются у спортсменов сложно-координационных видов спорта (при $p=0,01$);

- Скорость протекания и гибкость мыслительных процессов: большее количество ошибок выявлено у спортсменов, занимающихся единоборствами (при $p<0,001$);

- Уровень оперативной памяти: более высокие значения обнаруживаются у спортсменов игровых видов спорта (при $p<0,001$);

- Шкала невротической депрессии: можно утверждать о большей выраженности признака у спортсменов, занимающихся единоборствами (при $p=0,003$);

- Шкала астении: можно утверждать о большей выраженности признака у спортсменов из скоростно-силовых видов спорта (при $p=0,008$);

- Шкала вегетативных нарушений: можно утверждать о большей выраженности признака у спортсменов игровых видов спорта (при $p=0,006$).

Кроме того, выявлены значимые различия по категориальному фактору «спортивный разряд» относительно показателя «Объем распределения и переключения внимания» (более высокие значения обнаружены у заслуженных мастеров спорта, при $p=0,027$).

2. В результате исследования психологических особенностей спортсменов 3-й группы УМО относительно категориальных факторов «пол», «спортивный разряд» и «вид спорта» также были полученные данные, свидетельствующие о существовании статистически значимых различий между спортсменами данной группы по ряду характеристик психологической сферы (табл. 2).

Были установлены значимые различия по категориальному фактору «пол» относительно следующих характеристик психологической сферы спортсменов (табл. 2):

- Объем распределения и переключения внимания: более высокие значения обнаружены у женщин (при $p<0,001$);

- Скорость протекания и гибкость мыслительных процессов: большее количество ошибок обнаруживается у мужчин (при $p=0,003$);

Таблица 1

Результаты статистического анализа результатов УМО спортсменов 2-й группы с использованием непараметрических критериев для категориальных факторов «пол», «спортивный разряд» и «вид спорта»

Table 1

Statistical analysis of medical examination results of athletes in the 2nd group, using various non-parametric criteria for categorical factors «gender», «sports category» and «type of sport»

Результаты спортсменов по шкалам / The results of the athletes on scales	Уровень значимости различий в зависимости от категориального фактора / The level of significance of differences depending on the categorical factor		
	Пол ¹ / Gender ¹	Спортивный разряд ² / Sports category ²	Вид спорта ² / Type of sport ³
Концентрация внимания / Concentration of attention	0,000	0,039	0,050
Объем распределения и переключения внимания / Volume of attention distribution and switching	0,001	0,027	0,010
Скорость протекания и гибкость мыслительных процессов / Speed of flow and flexibility of thought processes	0,000	0,936	0,000
Уровень оперативной памяти / The level of random access memory	0,010	0,788	0,000
Шкала тревоги / Alarm scale	0,788	0,936	0,078
Шкала невротической депрессии / Neurotic depression scale	0,930	0,501	0,003
Шкала астении / Scale of asthenia	0,000	0,889	0,008
Шкала истероидного типа реагирования / Scale of the hysteroid type of response	0,099	0,802	0,169
Шкала обсессивно-фобических нарушений / Scale of obsessive-phobic disorders	0,065	0,498	0,147
Шкала вегетативных нарушений / Scale of vegetative disorders	0,001	0,878	0,006

Примечание: (1) – использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни; (2) – использовался непараметрический критерий Краскала-Уоллиса.

Note: (1) – non-parametric Mann-Whitney U-criterion was used; (2) – the non-parametric Kraskal-Wallis criterion was used.

- Шкала тревоги: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p < 0,001$);
- Шкала невротической депрессии: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p = 0,014$);
- Шкала астении: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p < 0,001$);
- Шкала истероидного типа реагирования: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p = 0,002$);
- Шкала обсессивно-фобических нарушений: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p = 0,001$);
- Шкала вегетативных нарушений: можно утверждать о большей выраженности признака у мужчин (при $p < 0,001$);

По итогам анализа данных спортсменов 3-й группы УМО не удалось выявить значимые различия психологических характеристиках спортсменов относительно факторов «спортивный разряд» и «вид спорта» (табл. 2). Повидимому, риску попадания в категорию спортсменов

с существенными признаками дезадаптации (3 группа) могут быть подвержены атлеты различных видов спорта и уровня профессионального мастерства.

Обобщая анализ по категориальному фактору «пол», можно утверждать, что в обеих группах УМО по когнитивным тестам мужчины показали более низкие результаты, чем женщины, причем, если во 2-й группе УМО значимые отличия проявились во всей когнитивной сфере, то в 3-й группе концентрация внимания и уровень оперативной памяти не показали значимых отличий по гендерному признаку. Похожая картина наблюдается и в психической сфере: в 3-й группе готовности результаты у мужчин в среднем оказались ниже по всем шкалам, а во 2-й – только по шкалам астении и вегетативных нарушений.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований гендерных различий в спорте. Так, А. Ичраф, Б. Али с соавт. [12] показали, что спортсмены в среднем имеют более высокий уровень соматической тревоги, нежели спортсменки. К. Щаал и М. Таффлет с соавт. [13] утверждают, что спортсмены мужского пола

Таблица 2

Результаты статистического анализа результатов УМО спортсменов 3-й группы с использованием непараметрических критериев для категориальных факторов «пол», «спортивный разряд» и «вид спорта»

Table 2

Statistical analysis of medical examination results of athletes in the 3rd group, using various non-parametric criteria for categorical factors «gender», «sports category» and «type of sport»

Результаты спортсменов по шкалам / The results of the athletes on scales	Уровень значимости различий в зависимости от категориального фактора / The level of significance of differences depending on the categorical factor		
	Пол ¹ / Gender ¹	Спортивный разряд ² / Sports category ²	Вид спорта ² / Type of sport ²
Концентрация внимания / Concentration of attention	0,068	0,173	0,649
Объем распределения и переключения внимания / Volume of attention distribution and switching	0,000	0,145	0,235
Скорость протекания и гибкость мыслительных процессов / Speed of flow and flexibility of thought processes	0,003	0,293	0,408
Уровень оперативной памяти / The level of random access memory	0,515	0,152	0,395
Шкала тревоги / Alarm scale	0,000	0,499	0,185
Шкала невротической депрессии / Neurotic depression scale	0,014	0,313	0,524
Шкала астении / Scale of asthenia	0,000	0,377	0,380
Шкала истероидного типа реагирования / Scale of the hysteroid type of response	0,002	0,434	0,220
Шкала обсессивно-фобических нарушений / Scale of obsessive-phobic disorders	0,001	0,819	0,136
Шкала вегетативных нарушений / Scale of vegetative disorders	0,000	0,105	0,200

Примечание: (1) – использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни; (2) – использовался непараметрический критерий Краскала-Уоллиса.

Note: (1) – non-parametric Mann-Whitney U-criterion was used; (2) – the non-parametric Kraskal-Wallis criterion was used.

в среднем в меньшей степени склонны обращаться с психологическими проблемами к специалистам, нежели спортсменки, что объясняется не отсутствием проблем, а более высоким уровнем самоуверенности, благодаря которому они склонны решать проблемы самостоятельно или же занижать их значимость. Обнаруженные нами различия в когнитивной сфере косвенно подтверждаются результатами исследования А. Йонгтави и М. Ву [14], в котором спортсменки показали в среднем более высокую точность в тестах на реакцию и более высокие результаты в тестах на внимание, концентрацию и скорость обработки информации.

Обобщая проведенный анализ по категориальному фактору «спортивный разряд», следует подчеркнуть, что в данном исследовании рассматривался широкий круг спортсменов, различающихся по разрядным квалификационным характеристикам.

Полученные результаты обнаруживают значимые различия по параметрам концентрации и распределения внимания лишь во 2-й группе УМО: объем распределения внимания оказался значимо более высоким у заслуженных мастеров спорта. Как известно, эта катего-

рия является высшим уровнем спортивных званий. По-видимому, подобные результаты обосновываются тем, что спортсмены высшей квалификации помимо огромного опыта выступлений на высоком уровне естественным образом успешнее владеют техникой концентрации внимания, что позволяет им достигать более высоких результатов. Богатый соревновательный опыт приводит к повышению стрессоустойчивости, а также улучшению навыков переключения внимания внутри спортивной деятельности.

Анализ по категориальному фактору «вид спорта» (циклические, игровые, боевые, скоростно-силовые и сложно-координационные виды спорта), показал наличие значимых различий по ряду параметров только во 2-й группе УМО (спортсмены с неблагоприятными особенностями психической сферы, но без явных признаков дезадаптации). Так, спортсмены игровых видов спорта в среднем демонстрируют большую выраженность признака по шкале «Вегетативные нарушения», что позволяет говорить об их большей склонности к вегетативным неврозам. Игровики также показывают более высокие результаты по уровню оперативной памяти

и объёму распределения и переключения внимания, но при этом концентрация внимания оказывается выше у спортсменов сложно-координационных видов спорта. Наименьшую гибкость мыслительных процессов демонстрируют спортсмены, занимающиеся единоборствами. Последние также обладают большей выраженностью признака по шкале «Невротическая депрессия», что, по-видимому, говорит об их большей склонности к невротизации и сниженному эмоциональному фону. При этом спортсмены скоростно-силовых видов обладают большей выраженностью признака по шкале «Астения», что, в свою очередь, позволяет утверждать об их большей склонности к быстрой утомляемости и другим нарушениям работоспособности.

Полученные результаты согласуются с данными ряда исследований, проведённых в этой области ранее. Так, С. Диас с соавт. [8] обнаружили, что благодаря наличию рядом со спортсменом товарищей, разделяющих общую цель и общий уровень нагрузок (в игровых и других командных видах спорта), найти необходимую моральную поддержку спортсмену становится гораздо легче, что и приводит к меньшему уровню депрессий и неврозов в командных видах спорта. К похожим результатам пришёл И. Никсдорф с коллегами [15] постулирующий в своём исследовании большую выраженность депрессивных симптомов среди спортсменов индивидуальных видов спорта.

Как показано выше, межгрупповое сравнение полученных результатов не выявило значимых различий в случае анализа по категориальным факторам «пол» и

«спортивный разряд». В случае анализа по категориальному фактору «вид спорта» они проявились только во 2-й группе УМО, что может быть обусловлено меньшей выраженностью проявлений дезадаптации в данной группе. Полученный результат согласуется с критериями попадания в группы по результатам УМО. Кроме того, по результатам межгруппового анализа удалось установить, что спортсмены игровых видов склонны попадать скорее во 2-ю, нежели в 3-ю группу готовности по УМО благодаря более высоким результатам по когнитивным тестам.

4. Выводы

Выявлены закономерности адаптации психической сферы спортсменов разного пола, возраста, специализации и квалификации. Полученные результаты хорошо соотносятся с данными других исследований, в том числе, проведенных зарубежными коллегами.

Спортсмены 3-й группы готовности демонстрируют существенные признаки состояния дезадаптации, степень выраженности которых не зависит ни от специфики вида спорта, ни от профессионального уровня атлетов. Другими словами, существенным дезадаптационным нарушениям подвержены спортсмены различных сборных команд России различного уровня квалификации – от юниоров до заслуженных мастеров спорта.

В этой связи необходимость внесения изменений в существующую систему мероприятий психологического характера медико-биологического обеспечения, а именно: внедрение программ профилактики и коррекции дезадаптаций, подтверждает свою актуальность.

Список литературы

1. Багадирова С.К. Материалы к курсу «Спортивная психология»: учебное пособие // Майкоп: Изд-во «Магарин О. Г.», 2014. 243 с.
2. Смирнова В.В. Соотношение компонентов психологического сопровождения спортивной деятельности // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2009. №10 (56). С.89-93.
3. Курашвили В.А. Психологическая подготовка спортсменов. Инновационные технологии // Методическое пособие. М.: ЦСТ Москомспорта, 2011. 114 с.
4. Митин И.Н. Психофизиологическая адаптация водителей и безопасность дорожного движения // Медицина катастроф. 2015. №2 (90). С.44-48
5. Kara O., Polo O. Autonomic and Central Stress-Regulation Disintegration in Stress-Related Anxiety Disorders // Acta Neuropsychologica. 2014. Vol.12, №1. P.1-25.
6. Fronso S. di, Robazza C., Bortoli L., Bertollo M. Performance Optimization in Sport: A Psychophysiological Approach Motriz // The Journal of Physical Education. 2017. v.23, №4. e1017138.
7. Митин И.Н., Горовая А.Е., Кравчук Д.А., Добрушина О.Р., Жолинский А.В. Особенности психосоматических нарушений высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8. №2. С. 54-61.
8. Dias C., Cruz J. Coping strategies, multidimensional competitive anxiety and cognitive threat appraisal: Differences across sex, age and type of sport // Serbian Journal of Sports Sciences. 2010. №4(1). P. 23-31.

References

1. Bagadirova SK. Materialy k kursu «Sportivnaya psikhologiya». Maykop: Magarin O.G. 2014. 243 p. Russian
2. Smirnova VV. The correlation of psychological support components in physical activity. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2009;10(56): 89-93. Russian.
3. Kurashvili VA. Psikhologicheskaya podgotovka sportstmenov. Innovatsionnye tekhnologii. Metodicheskoe posobie. M.: Moskomspor, 2011:114. Russian.
4. Mitin IN. Coping of Drivers and Road-Traffic Safety. Disaster Medicine. 2015;2(90):44-48. Russian.
5. Kara O, Polo O. Autonomic and Central Stress-Regulation Disintegration in Stress-Related Anxiety Disorders. Acta Neuropsychologica. 2014;12(1):1-25.
6. Fronso S di, Robazza C, Bortoli L, Bertollo M. Performance Optimization in Sport: A Psychophysiological Approach Motriz. The Journal of Physical Education. 2017;23(4):e1017138.
7. Mitin IN, Gorovaya AE, Kravchuk DA, Dobrushina OR, Zholinsky AV. Aspects of psychosomatic disorders in highly qualified athletes. Sports medicine: research and practice. 2018;8(2): 54-61. Russian
8. Dias C, Cruz J. Coping strategies, multidimensional competitive anxiety, and cognitive threat appraisal: Differences across sex, age and type of sport. Serbian Journal of Sports Sciences. 2010; 4(1):23-31.

9. **Маклаков А.Г.** Основы психологического обеспечения профессионального здоровья военнослужащих // Автореферат дис. на соискание доктора псих. наук. СПб, 1996. 392 с.

10. **Артемьев А.И., Воробьев И.И., Степанова Н.В.** Основы организации медико-психологического обеспечения населения, медицинских работников и спасателей при чрезвычайных ситуациях // Прикладные информационные аспекты медицины. 2017. Т. 20, №1. С. 113-117.

11. **Медико-биологическое** и медицинское обеспечение спорта высших достижений // под ред. В.В. Уйба, Ю.В. Мирошниковой, А.С. Самойлова. Тула: «Аквариус», 2014. 608 с.

12. **Ichraf A., Ali B., Khaled T., Liwa M., Ali E.** Effect of gender and type of sport on anxiety and self-esteem // International Journal of Humanities and Social Science Invention. 2013. Vol.2 (3). P. 55-61.

13. **Schaal K., Tafflet M., Nassif H., Thibault V., Pichard C, Alcotte M, Guillet Th, Helou N, Berthelot G, Simon S, Tous-saint J.-F.** Psychological Balance in High Level Athletes: Gender-Based Differences and Sport-Specific Patterns // Public Library of Science. 2011. Vol.2 (3). e19007.

14. **Yongtawee A., Woo M.** The Influence of Gender, Sports Type and Training Experience on Cognitive Functions in Adolescent Athletes // Exercise Science. 2017. Vol.26 (2). P. 159-167.

15. **Nixdorf I., Raphael F.** Prevalence of Depressive Symptoms and Correlating Variables Among German Elite Athletes // Journal of Clinical Sport Psychology. 2013. Vol.7(4). P. 313-326.

9. **Maklakov AG.** Osnovy psikhologicheskogo obespecheniya professional'nogo zdorov'ya voennosluzhashchikh. Avtoreferat dis. doktora psikh. nauk. Sankt-Peterburg. 1996:392. Russian.

10. **Artyomov AI, Vorobyev II, Stepanova NV.** Osnovy organizatsii mediko-psikhologicheskogo obespecheniya naseleniya, meditsinskikh rabotnikov i spasateley prichrezvychaynykh situatsiyakh. Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny. 2017; 20(1):113-117. Russian.

11. **Medical-biological** and medical support of sports. Под ред. Uyba VV, Miroshnikova YV, AS. Samoilova AS. Tula: Aquarius, 2014:608. Russian.

12. **Ichraf A, Ali B, Khaled T, Liwa M., Ali E.** Effect of gender and type of sport on anxiety and self-esteem. Internatio-nal Journal of Humanities and Social Science Invention. 2013;2(3): 55-61.

13. **Schaal K, Tafflet M.** Psychological Balance in High Level Athletes: Gender-Based Differences and Sport-Specific Patterns. Public Library of Science. 2011;6(5):e19007.

14. **Yongtawee A, Woo M.** The Influence of Gender, Sports Type and Training Experience on Cognitive Functions in Adolescent Athletes. Exercise Science. 2017;26(2):159-167.

15. **Nixdorf I, Raphael F.** Prevalence of Depressive Symptoms and Correlating Variables Among German Elite Athletes. Journal of Clinical Sport Psychology. 2013;7(4):313-326.

Информация об авторах:

Баршак Сергей Игоревич, психолог отдела медико-психологического сопровождения спортсменов сборных команд РФ ФГБУ ФНКЦ спортивной медицины и реабилитации ФМБА России. ORCID ID: 0000-0001-7200-7875

Иголкина Александра Евгеньевна, научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ ФНКЦ спортивной медицины и реабилитации ФМБА России. ORCID ID: 0000-0001-7633-9957

Назаров Кирилл Сергеевич, психолог отдела медико-психологического сопровождения спортсменов сборных команд РФ ФГБУ ФНКЦ спортивной медицины и реабилитации ФМБА России. ORCID ID: 0000-0001-7633-9957

Митин Игорь Николаевич, ведущий научный сотрудник организационно-исследовательского отдела ФГБУ ФНКЦ спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-2168-921X (+7 (919) 100-20-57, MitinIN@sportfmba.ru)

Парастаев Сергей Андреевич, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-2281-9936

Жолинский Андрей Владимирович, директор ФГБУ ФНКЦ спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-0267-9761

Information about the authors:

Sergey I. Barshak, Psychologist of the Department of medical and psychological support of National team athletes of Russia of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation. ORCID ID: 0000-0001-7200-7875

Aleksandra E. Igolkina, Researcher at the Department of research organization of the Federal Research and Clinical Center of Sport Medicine and Rehabilitation. ORCID ID: 0000-0001-7633-9957

Kirill S. Nazarov, Psychologist of the Department of medical and psychological support of National team athletes of Russia of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation. ORCID ID: 0000-0003-1147-6437

Igor N. Mitin, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Department of research organization of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation. ORCID ID: 0000-0002-2168-921X (+7 (919) 100-20-57, MitinIN@sportfmba.ru)

Sergey A. Parastayev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor at the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Culture of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-2281-9936

Andrey V. Zholinskiy, M.D., Ph.D. (Medicine), Director of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation. ORCID ID: 0000-0002-0267-9761

Финансирование: Работа выполнена в рамках прикладной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка системы медико-психологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» (шифр – «Контур-18»), государственное задание ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России на 2019 год № 67.003.18.800

Funding: The work was carried out within framework of state contract № 67.003.18.800 with Federal Medical-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: 27.09.2019

Принята к публикации: 29.11.2019

Received: 27 September 2019

Accepted: 29 November 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.67

УДК: 616.728.3-002.2

Взгляд на остеоартрит коленных суставов и бег через призму МРТ-исследований

А.В. Снигирева, С.М. Носков, А.А. Лаврухина

*ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет,
Министерство здравоохранения РФ, Ярославль, Россия*

РЕЗЮМЕ

В настоящее время среди марафонцев увеличилось число женщин и лиц пожилого возраста. У этой когорты населения высок риск развития остеоартрита. В общественном мнении распространена малообоснованная научными данными гипотеза, что дополнительная нагрузка на коленные суставы, возникающая при длительном беге, потенциально может приводить к повреждению суставных структур и развитию остеоартрита. В обзоре представлены современные обобщенные данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) коленных суставов у лиц, практикующих бег на длинные дистанции. Особое внимание уделено синдрому увеличения содержания жидкости в субхондральной кости, определяемой по повышению интенсивности сигнала на T2-взвешенных изображениях (снижению на T1-взвешенных изображениях), получившему название отек костного мозга (ОКМ). Представлена классификация и патогенетические варианты развития ОКМ (теория интрузии и контузии). Рассмотрены частные случаи возникновения ОКМ у марафонцев. Описана динамика ОКМ в разные временные промежутки после забегов у начинающих и профессиональных марафонцев. Продемонстрированы изменения МРТ-изображений хряща коленного сустава после бега по тредмилу у здоровых женщин и у женщин, страдающих остеоартритом. Проведено сравнение частоты развития остеоартрита коленных суставов у бегунов по сравнению с футболистами и тяжелоатлетами. Сделано заключение о профилактическом действии длительной ходьбы и бега (не менее 12,5 км/неделю), включая марафонские дистанции, в отношении развития и прогрессирования остеоартрита коленных суставов.

Ключевые слова: остеоартрит, бег, отек костного мозга, магнитно-резонансная томография

Для цитирования: Снигирева А.В., Носков С.М., Лаврухина А.А. Взгляд на остеоартрит коленных суставов и бег через призму МРТ-исследований // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 67-73. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.67.

The problem of osteoarthritis of the knee joint and running through the prism of magnetic resonance tomography

Anna V. Snigireva, Sergei M. Noskov, Alina A. Lavruchina

Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

ABSTRACT

The number of women and the elderly has now increased among marathon runners. This cohort has a high risk of osteoarthritis development. The hypothesis, based on little scientific evidence, is that the additional stress on knee joints that occurs during long running can potentially lead to damage to joint structures and osteoarthritis development. The review presents modern generalized data on magnetic resonance imaging (MRI) of knee joints in long-distance runners. Special attention is paid to the syndrome of fluid increase in subchondral bone, which is determined by increasing the signal intensity in T2-weighted images (decrease in T1-weighted images), called bone marrow oedema (BMO). Classification and pathogenetic variants of BMO development (theory of intrusion and contusion) are presented. Particular cases of BMO development in marathon runners are considered. The dynamics of BMO in different time intervals after the races in beginners and professional marathon runners is described. Changes in MRI images of knee cartilage after running on the treadmill in healthy women and in women suffering from osteoarthritis are shown. A comparison of the frequency of osteoarthritis of knee joints in runners compared to footballers and weightlifters was made. The conclusion was made on the preventive effect of long walking and running (at least 12.5 km/week), including marathon distances, on the development and progression of osteoarthritis of knee joints.

Key words: osteoarthritis, running, bone marrow oedema, magnetic resonance imaging

For citation: Snigireva AV, Noskov SM, Lavruchina AA. The problem of osteoarthritis of the knee joint and running through the prism of magnetic resonance tomography. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):67-73. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.67.

1. Введение

Бег на длинные дистанции становится все более популярным во всем мире. При этом пятнадцать лет назад в марафонских забегах ежегодно уже участвовало более 30 миллионов человек [1]. За десять последних лет интерес к массовым забегам возрос на 57%, а число финишеров в 2016 году достигло 9,1 миллиона человек. Дву-

мя существенными тенденциями последних лет являются увеличение среди участников женщин (больше 50%) и повзросление когорты бегунов от 35,2 лет в 1986 году до 39,3 лет в 2018 году. Подчеркивается, что среди марафонцев достаточно много лиц пожилого возраста [2]. Учитывая, что возрастной и гендерный фактор часто являются определяющими в скорости прогрессиру-

ния остеоартрита коленных суставов, изучение влияния бега на длинные дистанции приобретает особую клиническую и социальную значимость.

Магнитно-резонансная томография открыла новые возможности для спортивной медицины в области исследования состояния коленных суставов. В данном обзоре литературы будут обобщены результаты исследований по данной проблеме с акцентом на мало изученную проблему отека костного мозга (ОКМ).

Отек костного мозга (ОКМ) является общим термином, классически используемым для описания изменений высокой интенсивности сигнала, обнаруженных при магнитно-резонансной томографии (МРТ), чувствительной к содержанию жидкости [3, 4].

2. Современное состояние вопроса

Термин ОКМ впервые был использован в 1988 году при оценке МР-изображений 10 пациентов с остеопорозом бедра или колена, где костный мозг показал снижение интенсивности сигнала на T1-взвешенных изображениях и повышение интенсивности сигнала на T2-взвешенных изображениях [5].

Предложена [6] классификация ОКМ коленного сустава с выделением трех нозологических категорий:

- 1) Ишемический ОКМ (остеонекроз спонтанный и сосудистый, синдром преходящего отека костного мозга, рассекающих остеохондрит);
- 2) Механический ОКМ (костный ушиб (контузия), микропереломы, стресс-зависимый ОКМ, стресс-переломы;
- 3) Реактивный ОКМ (артрит коленных суставов, остеоартрит, послеоперационный ОКМ, опухоль-зависимый ОКМ).

Теория интрузии связана с проникновением синовиальной жидкости в субхондральную кость через трещины или изъязвления хряща с последующим растворением субхондральной и губчатой кости содержащейся в синовиальной жидкости молочной кислотой [7].

Спортивная травма коленного сустава – это и есть состояние, наиболее часто проявляющееся ОКМ вследствие контузии кости, выявляемое на МРТ высокой интенсивностью сигнала на T2-взвешенных изображениях. Гистологические особенности – участки поражения костей и кровотечения, вызванные травмой. Эти поражения обратимы и проходят примерно через 2-4 месяца [3]. Другие из наиболее распространенных состояний, сопровождаемых ОКМ, включают контузию кости с разрывом передней крестообразной связки и вдавливание латерального мыщелка бедра в заднелатеральное плато большеберцовой кости и латеральный ушиб латерального мыщелка бедра коленной чашечкой при вывихе надколенника.

Стресс-переломы часто маскируются отеком костного мозга и остаются не диагностируемыми. Примером может служить следующее описание спортивной травмы, приведшей к субхондральному перелому лате-

рального мыщелка большеберцовой кости у 64-летней бегуни, занимающейся супермарафонами. Болевой синдром появился на 50 неделе из 52 недель еженедельных марафонов, но причина боли долго не могла быть установлена. На МРТ был выявлен субхондральный перелом сопровождающийся выраженным ОКМ, но больная отказалась от оперативного лечения и прошла терапию тремя с интервалом в 3 месяца инъекциями бисфосфонатапамидроната. Лечение бисфосфонатами продолжалось 15 месяцев и привело к выраженному уменьшению ОКМ. Через 30 месяцев ввиду отсутствия болевого синдрома пациентка вернулась к ультрамарафонам [8]. Учитывая возраст бегуни вероятно имел место постменопаузальный остеопороз (остеопения), явившийся важным звеном в патогенезе данного стресс-перелома.

Предложена гипотеза функционирования в колени структурного комплекса мениск-хрящ-субхондральная кость, где повреждение одного компонента неизбежно влияет на два других. Таким образом, любая аномалия в этом функциональном блоке, вызванная травмой мениска и/или хряща, увеличивает нагрузку, передаваемую на субхондральную кость, для которой она не рассчитана, что приводит к субхондральной недостаточности и последующему перелому [9].

ОКМ также встречается при так называемом синдроме преходящего ОКМ, который является общим термином, используемым для состояний, характеризующихся диффузным высокой интенсивностью сигналом на МРТ периартикулярной области и благоприятным клиническим течением с полным разрешением симптомов. Этот синдром встречается при преходящем остеопорозе, региональном мигрирующем остеопорозе и комплексном регионарном болевом синдроме. Все эти нарушения проявляются диффузным и плохо отграниченным периартикулярным отеком с сохранением суставной поверхности.

Спонтанный остеонекроз не является редким синдромом. В частности, показано, что заболеваемость составляет 3,4% среди людей старше 50 лет и 9,4% среди лиц старше 65 лет. Женщины, как правило, страдают чаще. Более высокая частота встречается также среди пациентов с избыточной массой тела и пациентов с плохим качеством кости [10]. Клинически, пациенты обычно испытывают локализованную острую боль, чаще на медиальной стороне колена, без предшествующей травмы, которая могла бы объяснить симптомы.

Сосудистый некроз вызван тромбозом сосудов, обычно из-за определенных факторов риска, таких как алкоголизм, стероидная терапия, нарушения свертываемости крови и химиотерапия. У пациентов обычно проявляются множественные очаги некроза в метафизарной и/или диафизарной кости. Характеристики сигнала полностью отличается от характеристик спонтанного остеонекроза [11].

В большом исследовании на 1283 коленных суставах пытались решить вопрос о роли полнослойной по-

тери хряща или ОКМ в происхождении кистовидной перестройкой субхондральной кости. Теория интрузии связана с проникновением синовиальной жидкости в субхондральную кость через трещины или изъязвления хряща с последующим развитием кистозных полостей. Теория костной контузии предполагает, что кистовидная перестройка является следствием травматического некроза кости при стрессовом воздействии двух противоположных суставных поверхностей. Была обнаружена сильная и значимая ассоциация кистовидной перестройки с ОКМ в том же субрегионе со значительно меньшей ролью полнослойной потери хряща [12].

Сформулирована гипотеза негативного воздействия спонтанных остеонекрозов и переломов в области субхондральной кости на хрящ коленного сустава. Полагают, что основной МРТ-аномалией является отек костного мозга. Он визуализируется первым, тогда как линия перелома может не обнаруживаться, возможно, в связи с микроразрушениями губчатой кости, не выявленными при МРТ. По мере прогрессирования травмы, эти микротрещины сливаются. Далее может произойти коллапс субхондральной кортикальной кости и/или разрыв кортикальной кости. При этом линия перелома может проходить в полость сустава, позволяя внутрисуставной жидкости проходить в перелом. Это явление препятствует консолидации и способствует развитию псевдоартрозов с развитием и/или ухудшением хондральных поражений. Хотя наиболее часто поражается медиальный мыщелок бедра, поражения также могут появляться на латеральном мыщелке бедра и большеберцовом плато.

Традиционно считается, что бег сопровождается повторяющейся ударной нагрузкой на нижние конечности и, особенно, на коленный сустав, и потенциально может приводить к травмам внутренних структур сустава (особенно менисков) [13] и развитию остеоартрита [14, 15]. Было обнаружено, что проблемы с состоянием опорно-двигательного аппарата возникают у 90% бегунов уже в ходе подготовки к марафону [16].

Десяти марафонцам и 10 здоровым добровольцам без патологии коленных суставов проводили МРТ коленного сустава с применением нового метода количественной оценки МРТ, используемые при 3,0 Тл, включая время релаксации T1rho (T1ρ) и T2 за 2 недели до забега, в течение 48 часов после и через 10-12 недель после марафона. У бегунов не выявлено каких-либо грубых морфологических изменений на МРТ сразу после марафона. Однако, постмарафонские исследования выявили достоверно более высокие значения T2 и T1ρ (обнаруживают раннее расщепление протеогликанов хряща и коллагена) во всех зонах суставного хряща коленного сустава (P<0,1) кроме бокового отсека. Средние значения T1ρ увеличились после марафона с 37,0 до 38,9 (P<0,01) и оставались увеличенными в течение 3 месяцев. По мнению авторов, результаты свидетельствуют о неблагоприятных биохимических изменениях в суставном хряще, сохраняемых и после 3 месяцев обычной

физической активности после марафона. В пателлофemorальном сочленении и медиальном отделе коленного сустава наблюдаются наиболее высокие сигнальные изменения, свидетельствующие о том, что они подвержены более высокому риску дегенерации хряща [17]. Эти же авторы выявили похожие изменения и со стороны менисков, что позволило им сделать вывод о неблагоприятном влиянии марафона на состав матрикса менисков [18]. Результаты предыдущего исследования [17] послужили основанием для проверки гипотезы о возможном благоприятном действии предварительного (за неделю) введения гиалуроновой кислоты как средства профилактики деградации протеогликанов суставного хряща при марафонском забеге. Результаты обследования 15 бегунов в возрасте от 23 до 50 лет подтвердили увеличение T2 и T1ρ в трехмесячный срок после марафона, но не обнаружили никакого влияния на этот процесс ни гиалуроновой кислоты, ни физиологического раствора [19]. У 10 непрофессиональных марафонцев (средний возраст: 28,7±3,97 года) без морфологически выраженных повреждений хряща МРТ-картирование (T2 (*)) проводилось за двое суток до и после марафонов и через 4 недели. Наблюдалось небольшое увеличение T2 (*) через 48 часов после марафона (30,47±5,16 мс против 29,84±4,97 мс, P<0,05). Через 4 недели значения T2 (*) не отличались от исходных. Региональный анализ выявил более низкие значения T2(*) в медиальном большеберцовом плато. По-видимому, повторяющееся межкостная нагрузка оказывает преходящее влияние на значения T2 (*). Однако этот эффект незначителен и, вероятно, не имеет клинического значения. Низкие значения T2 (*) могут быть связаны не только с ранней дегенерацией хряща, но и с повышенной функциональной потребностью [20].

Время релаксации T2 и T1ρ хряща большеберцовой кости при МРТ оценивали у 10 женщин бегуний с наличием ОА коленных суставов в сравнении с 10 здоровыми спортсменками после тридцатиминутного бега по тредмилу [21]. Если в здоровой группе никаких изменений не отмечалось, то у женщин с ОА было выявлено повышение T2 и T1ρ, наиболее наглядно выраженное в хряще медиального мениска бедренной кости. Эти данные можно трактовать как необходимость более длительного периода восстановления после бега больными ОА.

Изучение влияния шестимесячной тренировочной программы с последующим марафонским бегом на объем и толщину хряща коленного сустава у 10 начинающих марафонцев выявило незначительное уменьшение на боковой поверхности бедренной кости. Сделано заключение, что высокие ударные нагрузки при беге на длинные дистанции хорошо переносятся даже начинающими марафонцами и не приводят к клинически значимой потере хряща [22].

Оценка поражений коленного сустава с помощью МРТ у 22 непрофессиональных марафонцев показал, что марафон не вызывает тяжелых, острых поражений

хряща, связок или костного мозга коленного сустава у хорошо подготовленных бегунов. Отмеченные увеличение синовиального выпота в 5 случаях из 22 (22,7%) и повышенные МРТ-сигналы от менисков признано несущественными [23].

Результаты по изучению влияния марафона на ОКМ противоречивы. Сообщается о высокой выявляемости ОКМ (50%) в группе из 10 марафонцев, правда не отличающейся достоверно от таковой среди 12 атлетов, не бегающих на длинные дистанции. После марафона отмечено увеличение объема отека в 20% коленей, что также не является достоверным [24]. Отсутствие значимых изменений ОКМ после марафона показано и в других исследованиях [19, 17, 23].

У 16 профессиональных спортсменов бегунов в начале и в конце спортивного сезона проводили МРТ-обследование обеих лобных костей, тазобедренных, коленных и голеностопных суставов. У четырнадцати из них были выявлены очаги ОКМ до начала сезона (в общей сложности 45 очагов ОКМ). Большинство очагов (69%) располагались в голеностопном суставе и стопе. Более половины очагов (58%) разнонаправленно изменялись в течение сезона, причем новые локализации возникали в 20%, а старые исчезали в 22%. Отмечено, что немногочисленные клинические жалобы, возникавшие в течение всего периода наблюдения, не были связаны с наличием ОКМ. Таким образом, почти у всех спортсменов без жалоб на состояние опорно-двигательного аппарата наблюдается ОКМ, изменяющийся у половины атлетов в течение сезона. Это указывает на то, что случайное обнаружение ОКМ на МРТ у профессиональных бегунов не должно однозначно ассоциироваться с клиническими жалобами или приводить к изменению программы тренировок [25].

Наиболее детально влияние марафона на состояние коленных суставов изучено группой Великобританских исследователей под руководством Norga LM [26]. Подобрали добровольцев ведущих малоподвижный образ жизни без травм коленного сустава и сердечной патологии. Основную группу составили 71 человек, которые завершили 4-месячную стандартизированную поэтапную программу подготовки к марафону и пробежали марафон. Контрольная группа включала 11 лиц, которые не смогли завершить программу подготовки и, соответственно, не бежали марафон. Средний возраст был 44 года (от 25 до 73 лет). Всем участникам исследования за 6 месяцев до Лондонского марафона 2017 года и через 2 недели после проводилось детальное клиническое обследование, включающее МРТ обоих коленных суставов с жироподавлением. Клиническая оценка по опроснику KOOS (шкала оценки исходов травмы коленного сустава) не выявила различий между группами как в начале исследования, так и по его завершении. До марафона повреждение хряща уже присутствовало у 65% бегунов и 68% лиц контрольной группы. В 2/3 случаев это было бессимптомное поражение хряща пателло-фemorально-

го сочленения. Уменьшение толщины хряща в сравниваемых группах при завершении срока наблюдения было сравнимо (14,7% и 18,1% суставов, соответственно).

Исходно ОКМ присутствовал в 41% в обеих группах. После марафона у бегунов обнаружилось статистически незначимые 19 нарастаний (13,3%) объема отека в области надколенника, в группе контроля – 3 (13,6%). В то же время в медиальном компартменте коленного сустава обнаружили уменьшение 10 очагов ОКМ в большеберцовой кости ($P=0,011$) и 9 – в бедренной кости ($P=0,082$). В итоге снижение КМО было в 13,6% у бегунов и 13,4% в контроле. Объем суставного выпота и количество лиц с кистой Бейкера составило в группах до марафона 52% – 34% и 50% – 41%. При завершении исследования различия между группами также отсутствовали.

Авторы делают заключение об улучшении состояния поврежденной субхондральной кости мышечков большеберцовой и бедренной костей после марафона у начинающих бегунов, а также бессимптомное ухудшение состояния хряща надколенника. Выводы авторов, правда, базируются на наличии статистически значимой динамики среди 71 марафонца и ее отсутствии у 11 не бегунов. При такой маленькой группе сравнения это кажется вполне возможным. Т.е. правильная трактовка результатов данного исследования затрудняется несравнимо малой группой сравнения. Тем не менее, самое главное, что отрицательные результаты клинического обследования со стороны коленных суставов после марафонского бега явно отсутствуют. Эта работа предоставляет важную информацию для понимания связи между бегом на длинные дистанции и остеоартритом коленного сустава.

Наибольший массив данных использован при опросе 74752 бегунов и 14625 ходоков. Среди них было 863 бегуна, которые сообщили о беге ≥ 60 миль/неделю. За 7,1 год наблюдения у бегунов частота развития ОА составила 2,68% и замены тазобедренного сустава – 0,34%. У ходоков эти цифры составили 4,76% и 0,78%, соответственно, за 5,7 лет [27]. Виден несомненный защитный эффект бега на развитие и прогрессирование ОА, причем наибольшее явно он проявлялся при нагрузке, превышающей 12,9 км/неделю (это же касалось и ходоков).

В отличие от бегунов остеоартрит коленных суставов у профессиональных футболистов очень частое явление. Отмечена более чем двукратная большая распространенность тибιοфemorального или пателлофemorального ОА у футболистов (29%) и тяжелоатлетов (31%), по сравнению с бегунами (14%) [28]. Выявлено, что каждая вторая вышедшая на пенсию элитная футболистка в возрасте до 50 лет уже имеет МРТ-признаки остеоартрита коленного сустава [13]. В другом исследовании в Великобритании с помощью почтовой анкеты были оценены 1207 мужчин-экс-футболистов и 4085 мужчин в общей популяции. Текущая боль в колене определялась как боль в коленях или вокруг них в большинстве дней предыдущего месяца. Распространенность всех исходов остеоартрита коленного сустава (боль в колене, RKOА и

TKR) была в два-три раза выше у мужчин, бывших футболистов, по сравнению с мужчинами в общей группе населения. Травма колена является главным атрибутивным фактором риска ОА у футболистов [29]. Исследование профессиональной деятельности показали, что ОА чаще встречается на работах, требующих сгибаний колена, коленопреклонений или приседаний [30]. Особенно вредны в этом плане профессии с длительным сгибанием колена, при которых шансы развития ОА коленного сустава увеличиваются в шесть раз [31]. В спорте данные позы и движения более характерны для упражнений, выполняемых в тренажерных залах, силовых тренировках и аэробных классах, чем для бега или ходьбы.

3. Заключение

Таким образом, несмотря на продолжающуюся научную дискуссию, более убедительными данными пред-

ставляются результаты не о повреждающем, а о защитном действии бега, включая марафонские дистанции, в отношении остеоартрита коленных суставов. Ориентиром для проявления хондропротективного действия для людей, регулярно занимающихся бегом или ходьбой, служит нагрузка, превышающая 12,9 км/неделю. Способствуют появлению и ускоренному развитию остеоартрита коленных суставов травмы коленных суставов (чаще при повреждении менисков), стрессовые нагрузки при ожирении и статических силовых физических нагрузках, особенно при сгибании коленных суставов. Отек костного мозга, выявляемый при МРТ исследовании, у бегунов чаще связан с костной контузией и микропереломами губчатой кости и носит преходящий характер. При остеоартрите отек костного мозга в разной степени может быть визуальным проявлением интрузии синовиальной жидкости.

Список литературы

1. **Krampla W, Mayrhofer R, Malcher J, Kristen KH, Urban M, Hruby W.** MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition // *Skeletal Radiol.* 2001. Vol.30 (2). P. 72-76.
2. **Lepers R, Cattagni T.** Do older athletes reach limits in their performance during marathon running? // *Age (Dordr).* 2012. Vol.34 (3). P. 773-781.
3. **Kon E, Ronga M, Filardo G, Farr J, Madry H, Milano G, Andriolo L, Shabshin N.** Bone marrow lesions and subchondral bone pathology of the knee // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016. Vol.24 (6). P. 1797-1814.
4. **Manara M, Varenna M.** A clinical overview of bone marrow edema // *Reumatismo.* 2014. Vol.66 (2). P. 184-196.
5. **Wilson AJ, Murphy WA, Hardy DC, Totty WG.** Transient osteoporosis: transient bone marrow edema? // *Radiology.* 1988. Vol.167 (3). P. 757-760.
6. **Hofmann S, Kramer J, Vakil-Adli A, Aigner N, Breitensteher M.** Painful bone marrow edema of the knee: differential diagnosis and therapeutic concepts // *Orthop Clin N Am.* 2004. Vol.35 (3). P. 321-333.
7. **Bulysheva AA, Sori N, Francis MP.** Direct crystal formation from micronized bone and lactic acid: The writing on the wall for calcium-containing crystal pathogenesis in osteoarthritis? // *PLoS One.* 2018 Nov 2. Vol.13 (11). P.e0202373.
8. **An VV, Broek MVD, Oussedik S.** Subchondral Insufficiency Fracture in the Lateral Compartment of the Knee in a 64-Year-Old Marathon Runner // *Knee Surg Relat Res.* 2017. Vol.29 (4). P. 325-328.
9. **Bonadio MB, Filho AG, Helito CP, Stump XM, Demange MK.** Bone Marrow Lesion: Image, Clinical Presentation, and Treatment // *Magn Reson Insights.* 2017. Vol.10. DOI: 10.1177/1178623X17703382
10. **Davies-Tuck ML, Wluka AE, Wang Y, English DR, Giles GG, Cicuttini F.** The natural history of bone marrow lesions in community-based adults with no clinical knee osteoarthritis // *Ann Rheum Dis.* 2009. Vol.68 (6). P. 904-908.
11. **Roemer FW, Frobell R, Hunter DJ, Crema MD, Fischer W, Bohndorf K, Guermazi A.** MRI-detected subchondral bone marrow signal alterations of the knee joint: terminology, imaging appearance, relevance and radiological differential diagnosis // *Osteoarthritis Cartilage.* 2009. Vol.17 (9). P. 1115-1131.

References

1. **Krampla W, Mayrhofer R, Malcher J, Kristen KH, Urban M, Hruby W.** MR imaging of the knee in marathon runners before and after competition. *Skeletal Radiol.* 2001;30(2):72-76.
2. **Lepers R, Cattagni T.** Do older athletes reach limits in their performance during marathon running? *Age (Dordr).* 2012;34(3):773-781.
3. **Kon E, Ronga M, Filardo G, Farr J, Madry H, Milano G, Andriolo L, Shabshin N.** Bone marrow lesions and subchondral bone pathology of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(6):1797-1814.
4. **Manara M, Varenna M.** A clinical overview of bone marrow edema. *Reumatismo.* 2014;66(2):184-196.
5. **Wilson AJ, Murphy WA, Hardy DC, Totty WG.** Transient osteoporosis: transient bone marrow edema? *Radiology.* 1988;167(3):757-760.
6. **Hofmann S, Kramer J, Vakil-Adli A, Aigner N, Breitensteher M.** Painful bone marrow edema of the knee: differential diagnosis and therapeutic concepts. *Orthop Clin N Am.* 2004;35(3):321-333.
7. **Bulysheva AA, Sori N, Francis MP.** Direct crystal formation from micronized bone and lactic acid: The writing on the wall for calcium-containing crystal pathogenesis in osteoarthritis? *PLoS One.* 2018 Nov 2;13(11):e0202373.
8. **An VV, Broek MVD, Oussedik S.** Subchondral Insufficiency Fracture in the Lateral Compartment of the Knee in a 64-Year-Old Marathon Runner. *Knee Surg Relat Res.* 2017;29(4):325-328.
9. **Bonadio MB, Filho AG, Helito CP, Stump XM, Demange MK.** Bone Marrow Lesion: Image, Clinical Presentation, and Treatment. *Magn Reson Insights.* 2017;10. DOI: 10.1177/1178623X17703382
10. **Davies-Tuck ML, Wluka AE, Wang Y, English DR, Giles GG, Cicuttini F.** The natural history of bone marrow lesions in community-based adults with no clinical knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2009;68(6):904-908.
11. **Roemer FW, Frobell R, Hunter DJ, Crema MD, Fischer W, Bohndorf K, Guermazi A.** MRI-detected subchondral bone marrow signal alterations of the knee joint: terminology, imaging appearance, relevance and radiological differential diagnosis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2009;17(9):1115-1131.

12. **Crema MD, Roemer FW, Zhu Y, Marra MD, Niu J, Zhang J, Lynch JA, Javaid MK, Lewis CE, El-Khoury GY, Felson DT, Guermazi A.** Subchondral cystlike lesions develop longitudinally in areas of bone marrow edema-like lesions in patients with or at risk for knee osteoarthritis: detection with MR imaging – the MOST study // *Radiology*. 2010. Vol.256 (3). P. 855-862.
13. **Prien A, Boudabous S, Junge A, Verhagen E, Delatre BMA, Tscholl PM.** Every second retired elite female football player has MRI evidence of knee osteoarthritis before age 50 years: a cross-sectional study of clinical and MRI outcomes // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020; 28, 353-362. DOI: 10.1007/s00167-019-05560-w
14. **Cymet TC, Sinkov V.** Does long-distance running cause osteoarthritis? // *J Am Osteopath Assoc*. 2006. Vol.106 (6). P. 342-355.
15. **Foreman SC, Neumann J, Joseph GB, Nevitt MC, McCulloch CE, Lane NE, Link TM.** Longitudinal MRI structural findings observed in accelerated knee osteoarthritis: data from the Osteoarthritis Initiative // *Skeletal Radiol*. 2019. Vol.48 (12). P. 1949-1959.
16. **Fredericson M, Misra AK.** Epidemiology and aetiology of marathon running injuries // *Sports Medicine*. 2007. Vol.37 (4-5). P. 437-439.
17. **Luke AC, Stehling C, Stahl R, Li X, Kay T, Takamoto S, Ma B, Majumdar S, Link T.** High-Field magnetic resonance imaging assessment of articular cartilage before and after marathon running: does long-distance running lead to cartilage damage? // *Am J Sports Med*. 2010. Vol.38 (11). P. 2273-2280.
18. **Stehling C, Luke A, Stahl R, Baum T, Joseph G, Pan J, Link TM.** Meniscal T1rho and T2 measured with 3.0T MRI increases directly after running a marathon // *Skeletal Radiol*. 2011. Vol.40 (6). P. 725-735.
19. **Hohmann E, Wörtler K, Imhoff AB.** Mr imaging of the hip and knee before and after marathon running // *Am J Sports Med*. 2004. Vol.32 (1). P. 55-59.
20. **Hesper T, Miese FR, Hosalkar HS, Behringer M, Zilkens C, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B.** Quantitative T2(*) assessment of knee joint cartilage after running a marathon // *Eur J Radiol*. 2015. Vol.84 (2). P. 284-289.
21. **Esculier JF, Jarrett M, Krowchuk NM.** Cartilage recovery in runners with and without knee osteoarthritis: A pilot study // *Knee*. 2019. Vol.26 (5). P. 1049-1057.
22. **Hinterwimmer S, Feucht MJ, Steinbrech C, Graichen H, Eisenhart-Rothe R.** The effect of a six-month training program followed by a marathon run on knee joint cartilage volume and thickness in marathon beginners // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014. Vol.22 (6). P. 1353-1359.
23. **Schueler-Weidekamm C, Schueler G, Uffmann M, Bader TR.** Does marathon running cause acute lesions of the knee? Evaluation with magnetic resonance imaging // *Eur Radiol*. 2006. Vol.16 (10). P. 2179-2185.
24. **Stahl R, Luke A, Ma CB, Krug R, Steinbach L, Majumdar S, Link TM.** Prevalence of pathologic findings in asymptomatic knees of marathon runners before and after a competition in comparison with physically active subjects – a 3.0 T magnetic resonance imaging study // *Skeletal Radiol*. 2008. Vol.37 (7). P. 627-638.
25. **Kornaat PR1, van de Velde SK.** Bone marrow edema lesions in the professional runner // *Am J Sports Med*. 2014. Vol.42 (5). P. 1242-1246.
26. **Horga LM, Henckel J, Fotiadou A, Hirschmann A, Torlasco C, Di Laura A, D'Silva A, Sharma S, Moon J, Hart A.** Can marathon running improve knee damage of middle-aged adults? A prospective cohort study // *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2019. Vol.5 (1). P. e000586.
12. **Crema MD, Roemer FW, Zhu Y, Marra MD, Niu J, Zhang J, Lynch JA, Javaid MK, Lewis CE, El-Khoury GY, Felson DT, Guermazi A.** Subchondral cystlike lesions develop longitudinally in areas of bone marrow edema-like lesions in patients with or at risk for knee osteoarthritis: detection with MR imaging – the MOST study. *Radiology*. 2010;256(3):855-862.
13. **Prien A, Boudabous S, Junge A, Verhagen E, Delatre BMA, Tscholl PM.** Every second retired elite female football player has MRI evidence of knee osteoarthritis before age 50 years: a cross-sectional study of clinical and MRI outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28:353-362. DOI: 10.1007/s00167-019-05560-w
14. **Cymet TC, Sinkov V.** Does long-distance running cause osteoarthritis? *J Am Osteopath Assoc*. 2006;106(6):342-345.
15. **Foreman SC, Neumann J, Joseph GB, Nevitt MC, McCulloch CE, Lane NE, LinkTM.** Longitudinal MRI structural findings observed in accelerated knee osteoarthritis: data from the Osteoarthritis Initiative. *Skeletal Radiol*. 2019;48(12):1949-1959.
16. **Fredericson M, Misra AK.** Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Medicine*. 2007;37(4-5):437-439.
17. **Luke AC, Stehling C, Stahl R, Li X, Kay T, Takamoto S, Ma B, Majumdar S, Link T.** High-Field magnetic resonance imaging assessment of articular cartilage before and after marathon running: does long-distance running lead to cartilage damage? *Am J Sports Med*. 2010;38(11):2273-2280.
18. **Stehling C, Luke A, Stahl R, Baum T, Joseph G, Pan J, Link TM.** Meniscal T1rho and T2 measured with 3.0T MRI increases directly after running a marathon. *Skeletal Radiol*. 2011;40(6):725-735.
19. **Hohmann E, Wörtler K, Imhoff AB.** Mr imaging of the hip and knee before and after marathon running. *Am J Sports Med*. 2004;32(1):55-59.
20. **Hesper T, Miese FR, Hosalkar HS, Behringer M, Zilkens C, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B.** Quantitative T2(*) assessment of knee joint cartilage after running a marathon. *Eur J Radiol*. 2015;84(2):284-289.
21. **Esculier JF, Jarrett M, Krowchuk NM.** Cartilage recovery in runners with and without knee osteoarthritis: A pilot study. *Knee*. 2019;26(5):1049-1057.
22. **Hinterwimmer S, Feucht MJ, Steinbrech C, Graichen H, Eisenhart-Rothe R.** The effect of a six-month training program followed by a marathon run on knee joint cartilage volume and thickness in marathon beginners. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(6):1353-1359.
23. **Schueler-Weidekamm C, Schueler G, Uffmann M, Bader TR.** Does marathon running cause acute lesions of the knee? Evaluation with magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2006;16(10):2179-2185.
24. **Stahl R, Luke A, Ma CB, Krug R, Steinbach L, Majumdar S, Link TM.** Prevalence of pathologic findings in asymptomatic knees of marathon runners before and after a competition in comparison with physically active subjects – a 3.0 T magnetic resonance imaging study. *Skeletal Radiol*. 2008;37(7):627-638.
25. **Kornaat PR1, Van de Velde SK.** Bone marrow edema lesions in the professional runner. *Am J Sports Med*. 2014;42(5):1242-1246.
26. **Horga LM, Henckel J, Fotiadou A, Hirschmann A, Torlasco C, Di Laura A, D'Silva A, Sharma S, Moon J, Hart A.** Can marathon running improve knee damage of middle-aged adults? A prospective cohort study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2019;5(1):e000586.

27. Williams PT. Effects of Running and Walking on Osteoarthritis and Hip Replacement Risk // Med Sci Sport Exerc. 2013. Vol.45 (7). P. 1292-1297.

28. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Aalto T, Battie MC, Impivaara O, Videman T, Sarna S. Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters // Arthritis Rheum. 1995. Vol.38 (4). P. 539-546.

29. Fernandes GS, Parekh SM, Moses J, Fuller C, Scammell B, Batt M, Zhang W, Doherty M. Prevalence of knee pain, radiographic osteoarthritis and arthroplasty in retired professional footballers compared with men in the general population: a cross-sectional study // Br J Sports Med. 2018. Vol.52 (10). P. 678-683.

30. McMillan G, Nichols L, McMillan G, Nichols L. Osteoarthritis and meniscus disorders of the knee as occupational diseases of miners // Occupat Environ Med. 2005. Vol.62 (8). P. 567-575.

31. Lieveuse AM, Bierma-Zeinstra SMA, Verhagen AP, Verhaar J, Koes B. Influence of work on the development of osteoarthritis of the hip: a systematic review // J Rheumatol. 2001. Vol.28 (11). P. 2520-2528.

27. Williams PT. Effects of Running and Walking on Osteoarthritis and Hip Replacement Risk. Med Sci Sport Exerc. 2013;45(7):1292-1297.

28. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Aalto T, Battie MC, Impivaara O, Videman T, Sarna S. Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters. Arthritis Rheum. 1995;38(4):539-546.

29. Fernandes GS, Parekh SM, Moses J, Fuller C, Scammell B, Batt M, Zhang W, Doherty M. Prevalence of knee pain, radiographic osteoarthritis and arthroplasty in retired professional footballers compared with men in the general population: a cross-sectional study. Br J Sports Med. 2018;52(10):678-683.

30. McMillan G, Nichols L, McMillan G, Nichols L. Osteoarthritis and meniscus disorders of the knee as occupational diseases of miners. Occupat Environ Med. 2005;62(8):567-575.

31. Lieveuse AM, Bierma-Zeinstra SMA, Verhagen AP, Verhaar J, Koes B. Influence of work on the development of osteoarthritis of the hip: a systematic review. J Rheumatol. 2001;28(11):2520-2528.

Информация об авторах:

Снигирева Анна Владимировна, доцент кафедры госпитальной терапии с профпатологией ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет Минздрава России, доцент, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-3163-102X (+7 (964) 167-39-06, n0613@yandex.ru)

Носков Сергей Михайлович, заведующий кафедрой госпитальной терапии с профпатологией ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет Минздрава России, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3456-9409

Лаврухина Алина Александровна, доцент кафедры госпитальной терапии с профпатологией ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет Минздрава России, доцент, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-1184-5426

Information about the authors:

Anna V. Snigireva, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital therapy with profpatology of the Yaroslavl State Medical University, ORCID ID: 0000-0002-3163-102X (+7 (964) 167-39-06, n0613@yandex.ru)

Sergey M. Noskov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Hospital therapy with profpatology of the Yaroslavl State Medical University, ORCID ID: 0000-0003-3456-9409.

Alina A. Lavruchina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital therapy with profpatology of the Yaroslavl State Medical University, ORCID ID: 0000-0002-1184-5426

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 20.10.2019

Принята к публикации: 03.12.2019

Received: 20 October 2019

Accepted: 03 December 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.74

УДК: 796.01

Контроль случаев наблюдений применения статодинамических упражнений в постоперационном периоде после менискэктомии у высококвалифицированных волейболистов

Е.В. Чумак, А.С. Снигирев, О.А. Кошевой

БУ ВО Сургутский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить эффективность использования статодинамических упражнений для восстановления и реабилитации волейболистов высокой квалификации после менискэктомии (парциальной резекции заднего рога медиального мениска). **Материалы и методы:** в исследовании приняли участие 5 игроков Российской суперлиги по волейболу в возрасте 18-30 лет перенесших менискэктомию (парциальную резекцию заднего рога медиального мениска) (экспериментальная группа – ЭГ). Для оценки эффективности применяемых упражнений, полученные результаты сравнивали с показателями контрольной группы (КГ). В качестве КГ были взяты данные исследований 30 спортсменов (средний возраст – 25,8±7,2 года, стаж занятий спортом – 12±4 года) игровых видов спорта (футбол, гандбол, волейбол) с посттравматической хондропатией коленных суставов. Для изучения субъективной оценки функционального состояния поврежденного коленного сустава использовали шкалу оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава – KOOS. До и после десятидневного эксперимента, который заключался в применении упражнений статодинамического характера, у испытуемых измеряли параметры: угол сгибания в коленном суставе, обхват бедра, статическую выносливость четырехглавой мышцы бедра. **Результаты:** Изучаемые показатели ЭГ были достоверно ($p<0,05$) лучше по сравнению с КГ в большинстве изучаемых показателей, кроме значения «Боль» и «Сложность выполнения повседневных бытовых движений». При этом угол сгибания в коленном суставе в начале эксперимента составлял $121\pm 2^\circ$ после эксперимента достоверно ($p<0,05$) изменился до $140\pm 4^\circ$, что свидетельствует об увеличении подвижности коленного сустава травмированной конечности. Произошло достоверное ($p<0,05$) увеличение объема бедра с $41,2\pm 2,7$ до $41,8\pm 3,0$ см, что свидетельствует о гипертрофии мышечных волокон бедра. Вместе с тем, достоверно ($p<0,05$) улучшились силовые показатели четырехглавой мышцы бедра, о чем свидетельствует увеличение способности удерживать выпрямленную ногу с отягощением 2,5 килограмма в тренажере LegExtension с 24 ± 7 до 75 ± 13 секунд. **Выводы:** применение в функциональном послеоперационном периоде (10-21 день) реабилитации статодинамических упражнений длительного характера, является эффективным (с точки зрения времени) средством восстановления коленного сустава волейболистов высокой квалификации после парциальной резекции заднего рога медиального мениска.

Ключевые слова: менискэктомия, статодинамические упражнения, реабилитация

Для цитирования: Чумак Е.В., Снигирев А.С., Кошевой О.А. Контроль случаев наблюдений применения статодинамических упражнений в постоперационном периоде после менискэктомии у высококвалифицированных волейболистов // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 74-79. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.74.

Monitoring cases of the use of statodynamic exercises in the postoperative period after meniscectomy highly qualified volleyball players

Evgeny V. Chumak, Alexandr S. Snigirev, Oleg A. Koshevoy

Surgut State University, Khanty-Mansiysk, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the effectiveness of using statodynamic exercises for the restoration and rehabilitation of highly qualified volleyball players after a meniscectomy (partial resection of the posterior horn of the medial meniscus). **Materials and methods:** the study involved 5 players of the Russian Super League on volleyball aged 18-30 years who underwent a meniscectomy (partial resection of the posterior horn of the medial meniscus). To assess the effectiveness of the exercises used, the results were compared with the indices of the control group (CG). The study data of 30 athletes involved in game sports (football, handball, volleyball) with sports qualifications ranging from 1 adult to masters of sports of international class with post-traumatic chondropathy of the knee joints were taken as CG. The average age of the athletes was 25.8±7.2 years, the experience in sports – 12±4 years. To study the subjective assessment of the functional state of the injured knee joint, we used the KOOS scale for assessing the outcome of injuries and diseases of the knee joint. Before and after the ten-day experiment, which consisted of the use of exercises of a static-dynamic nature, the following parameters were measured in the following subjects: the angle of flexion in the knee joint, the volume of the thigh, and static endurance of the quadriceps femoris.

Results: The studied EG indices were reliably $p < 0.05$ better in comparison with the CG in most of the studied indices, except for the value «Pain» and «Difficulty of performing daily everyday movements». The angle of flexion in the knee joint at the beginning of the experiment was $121 \pm 2^\circ$ and after the experiment significantly ($p < 0.05$) changed to $140 \pm 4^\circ$, which indicates an increase in the mobility of the knee joint of the injured limb. At the same time, a significant ($p < 0.05$) increase in the volume of the thigh from 41.2 ± 2.7 to 41.8 ± 3.0 cm occurred, which indicates hypertrophy of the muscle fibers of the thigh. At the same time, the strength indices of the quadriceps femoris muscle were significant ($p < 0.05$), as evidenced by the increase in the ability to hold a straight leg with a weight of 2.5 kg in the Leg Extension simulator from 24 ± 7 to 75 ± 13 seconds. **Conclusions:** The data obtained may indicate that the use of long-term statodynamic exercises in the functional postoperative period (10-21 days) of rehabilitation is an effective (from the point of view of time) means of restoring the knee joint of highly qualified volleyball players after partial resection of the posterior horn of the medial meniscus.

Key words: meniscectomy, statodynamic exercises, rehabilitation

For citation: Chumak EV, Snigirev AS, Koshevoy OA. Monitoring cases of the use of statodynamic exercises in the postoperative period after meniscectomy highly qualified volleyball players. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):74-79. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.74.

1. Введение

При травмах коленного сустава у спортсменов в игровых видах спорта, и в волейболе, в частности, одним из ведущих диагнозов считается повреждение заднего рога медиального мениска [1-3]. Это связано с большими физическими нагрузками, которые предъявляет спорт высших достижений [4], а также с особенностями его строения [5]. Известно [6], что микроструктура медиального мениска на 60-70% состоит из коллагена, 8-13% из белков внеклеточного матрикса и по форме строения обычно напоминает букву «С». Представляя собой волокнистый хрящ, он прикрепляется сзади к большеберцовой кости, а по наружному краю к капсуле коленного сустава, так называемой венечной связкой, что делает его менее подвижным по сравнению с латеральным мениском [7]. Основными функциями мениска, в том числе медиального, являются распределение нагрузки, амортизация толчков, контактное напряжение, стабилизация коленного сустава и проприоцепция [8]. Рассматривая строение мениска с точки зрения биомеханики в формировании адаптационного аппарата коленного сустава, он выполняет амортизацию и распределения нагрузки сжатия сустава снижая местное напряжение на суставной хрящ в мышечках бедра и большеберцовой кости. Конфигурация медиального мениска по размерам больше, чем латерального и имеет форму эллипса [9]. Это позволяет менискам дополнять кривизну суставной поверхности до соответствия суставной площади большеберцовой кости выполняя функцию адаптационного механизма. Медиальный мениск имеет три точки крепления, что ограничивает его подвижность. При стремительном сгибании, внутренней ротации или компрессионной нагрузке он не успевает сместиться и становится жесткой подушкой между большеберцовой и бедренной костью, что чаще всего и приводит к его повреждению [10, 11].

После получения травмы спортсменом, а именно острого разрыва заднего рога медиального мениска, одним из вариантов хирургического лечения является парциальная менискэктомия. Послеоперационный период может сопровождаться болевым синдромом различной степени выраженности и уменьшением подвижности в суставе, что ведет к ограничению физической активности спортсменов [12]. Поскольку у спортсменов высокой квалификации мышцы под воздействием постоянных

тренировок находятся в разной степени гипертрофированном состоянии, то через некоторое время на фоне ограничения физической активности в большинстве случаев развивается гипотрофия мышц оперированной конечности. Кроме того, может наблюдаться реактивный синовит, который быстро приводит к формированию локально-спинального рефлекса угнетения мышц, действующих через поражённый сустав, известный как симптом Чаклина.

На 8-10 день после менискэктомии снимают швы. С этого момента начинается поздний послеоперационный период задачами которого являются: восстановление нарушенных травмой функций организма, укрепление капсульно-связочного аппарата, увеличение силы мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава и возвращение спортсмена к полноценным физическим нагрузкам [13]. Одним из средств восстановления спортсмена могут являться статодинамические упражнения длительного воздействия [14, 15]. Такие упражнения заключаются в сочетании выполнения динамического движения в суставе с фиксацией на некоторое время определенной позы или положения конечностей. В этом случае сокращенная мышца развивает напряжение, но сама она не изменяет своей длины. Такая нагрузка способствует укреплению мышечно-связочного аппарата, улучшению кровообращения, усилению обмена веществ, ускорению регенеративных процессов в оперированном суставе [16, 17]. Несмотря на то, что статодинамические упражнения являются достаточно щадящими, их главной задачей является, за счет ацидоза вызвать боль в мышцах. Такая стрессовая ситуация приводит к активизации гипоталамо-гипофизарной системы, вследствие чего увеличивается выброс гормонов, которые несут оздоровительный и лечебный эффект [18]. Применение этого метода выполнения упражнений целесообразно в реабилитации при гипотрофии мышц так как они формируют специальные силовые способности мышцы. Цель которых при больших дозированных повторениях создать условия для гипертрофии и увеличения гиперплазии миофибрилл новыми митохондриями [19].

Цель исследования – изучить эффективность применения статодинамических упражнений для восстановления и реабилитации волейболистов высокой квалификации после менискэктомии (парциальной резекции заднего рога медиального мениска).

2. Материалы и методы

В исследовании приняли участие 5 игроков Российской суперлиги по волейболу (3 мастера спорта (МС) и 2 мастера спорта международного класса (МСМК) в возрасте 18-30 лет, перенесших парциальную резекцию медиального мениска (заднего рога с переходом на тело) (экспериментальная группа – ЭГ). Для оценки эффективности применяемых упражнений, полученные результаты сравнивали с показателями контрольной группы (КГ). В качестве КГ были взяты данные исследований 30 спортсменов (средний возраст – $25,8 \pm 7,2$ года, стаж занятий спортом – 12 ± 4 года) игровых видов спорта (футбол, гандбол, волейбол), имеющих спортивную квалификацию от 1 взрослого разряда до (МСМК), с посттравматической хондропатией коленных суставов [20]. Для изучения субъективной оценки функционального состояния поврежденного коленного сустава использовали шкалу оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава – KOOS (Knee injury and osteoarthritis outcome score), состоящей из подразделов: «Боль», «Симптомы», «Сложность выполнения ежедневных бытовых действий», «Спорт, активность на отдыхе», «Качество жизни». Оценка показателя: наилучшая ситуация (отсутствие признака) – значение стремится к 100, наихудшая (максимальная степень выраженности признака) – значение стремится к 0 [20].

Спортсмены ЭГ приступали к выполнению восстановительной программы на 9-10 день после операции.

После десятидневного эксперимента для изучения субъективной оценки функционального состояния поврежденного коленного сустава использовали шкалу оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава – KOOS, кроме этого испытуемых измеряли следующие параметры:

- угол сгибания в коленном суставе (измерялся при помощи гониометра). Исходное положение лежа на спине, бедро согнуто в тазобедренном суставе под углом 90° . Колено сгибается максимально возможно, при этом мышцы должны быть расслаблены (рис. 1);

- объем бедра измерялся при помощи сантиметровой ленты;

- статическую выносливость четырехглавой мышцы бедра. Измеряли время удержания выпрямленной ноги с отягощением 2,5 килограмма в тренажере Leg Extension (рис. 2) до появления тремора в четырехглавой мышце бедра.

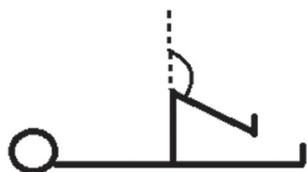


Рис. 1. Измерение угла сгибания в коленном суставе
Pic. 1. Measurement of knee bending angle



Рис. 2. Удержание ноги в тренажере Leg Extension
Pic. 2. Keeping your leg in the simulator Leg Extension

Испытуемые занимались один раз в день в течение 2-2,5 часов. Занятие включало в себя разминку в виде 15-минутной езды на велотренажере и комплекс статодинамических упражнений, включающих в себя упражнения с собственным весом, с использованием тренажерных устройств, резины и другие (пример статодинамического комплекса представлен в табл. 1), а также стретчинг 8-10 минут в заключительной части занятия.

3. Результаты и их обсуждение

В таблице 2 представлены показатели, характеризующие спортивную и повседневную активность экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) групп после эксперимента. В качестве группы сравнения взяты данные Капустиной Н.В., Смоленского А.В. [20]. Изучаемые показатели ЭГ были достоверно ($p < 0,05$) лучше по сравнению с КГ в большинстве изучаемых показателей, кроме значения «Боль» и «Сложность выполнения повседневных бытовых движений».

Вместе с тем в таблице 3 представлены показатели, характеризующие восстановление коленного сустава до и после эксперимента. Угол сгибания в коленном суставе в начале эксперимента составлял $121 \pm 2^\circ$ после эксперимента достоверно ($p < 0,05$) изменился до $140 \pm 4^\circ$, что свидетельствует об увеличении подвижности коленного сустава травмированной конечности.

При этом произошло достоверное ($p = 0,02$) увеличение объема бедра с $41,2 \pm 2,7$ до $41,8 \pm 3,0$ см., что свидетельствует о гипертрофии мышечных волокон бедра до состояния здоровой конечности. Вместе с тем, достоверно ($p < 0,05$) улучшились показатели статической выносливости четырехглавой мышцы бедра, о чем свидетельствует увеличение способности удерживать выпрямленную ногу с отягощением 2,5 килограмма в тренажере Leg Extension с 24 ± 7 до 75 ± 13 секунд.

Увеличение обхвата бедра и изометрической выносливости четырехглавой мышцы за довольно короткий период, а также значительное уменьшение боли и улучшение повседневной и спортивной активности свидетельствует об эффективности нашего комплекса упражнений. Стоит отметить, что спортсмены приступали к полноценным тренировкам уже через месяц после проведенной операции.

Таблица 1

Пример комплекса статодинамических упражнений отдельного занятия

Table 1

An example of a set of statodynamic exercises in a separate lesson

Упражнение / Exercise	Дозировка / Dosage	Методические указания / Methodical instructions
И.п. – стоя нога согнута в тазобедренном и коленном суставах. Круговые движения ногой вправо и влево с прикрепленной к стопе резиной	Выполнять в течение 10 минут без отдыха	Резина одним концом крепится за подошву, другим к шведской стенке на уровне головы. Работая нога постоянно находится в безопорном положении. Смена направления каждые 4 движения
И.п. – лежа на спине, таз поднят, под прямой травмированной ногой подставка, здоровая нога прямая на полу. Поднимание – опускание здоровой ноги	Выполнять в течение 20 минут: 20 секунд здоровая нога на полу + 10 секунд на весу/30 секунд отдых	Подставка высотой 5 см. Нога на подставку ставится на пятку. Ноги в коленях выпрямлены.
И.п. – сидя на тренажере Leg Extension резина крепится за голеностопный сустав выпрямление ноги до полного выпрямления	В течение 10 минут: 40 секунд работы + 20 секунд пауза. Выполнить 3 серии. Отдых между сериями 2 минуты	Удерживать ногу, не сгибая в коленном суставе
И.п. – стоя лицом к шведской стенке из положения стоя колено вверх растягивание резины шагом назад до конечного выпрямления колена	Выполнять 3 серии по 8 минут. Отдых между сериями 2 минуты	Резина одним концом цепляется за шведскую стенку на уровне коленного сустава другим за подошву травмированной ноги

Таблица 2

Значения показателей шкалы KOOS исследуемых групп

Table 2

Values of the KOOS scale indicators of the studied groups

Название, числовой показатель / Name, numerical indicator	ЭГ / EG (M±σ) (n=5)	КГ / CG (M±σ) (n=38)
Боль / Pain	85,8±3,8	79,5±10,2
Симптомы / Symptoms	86,0±4,5	74,7±7,6*
Сложность выполнения повседневных бытовых движений / Difficulty in performing everyday domestic movements	85,2±4,1	85,8±5,6
Спорт. Активность на отдыхе / Sport. Activity on vacation	77,2±3,3	69,6±7,9*
Качество жизни / Quality of life	80,8±7,2	71,7±5,8*
Итоговый индекс / Final index	82,6±4,7	76,3±5,9*

Примечание: ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа; * – различия достоверны при p<0,05 между показателями ЭГ и КГ

Note: EG – experimental group; CG – control group; * – Differences are valid at p<0.05 between EG and CG indices.

Таблица 3

Изучаемые показатели до и после эксперимента

Table 3

The studied indicators before and after the experiment

№	Угол сгибания в коленном суставе / Bending angle in the knee joint		Обхват бедра (см) / Thigh volume (sm)		Статическая выносливость четырехглавой мышцы бедра (сек) / Static endurance of the quadriceps femoris (sec)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After
1	123	143	38	38,5	20	75
2	120	140	40.5	41,3	24	60
3	119	135	39.5	39,5	31	90
4	121	139	44.5	45,4	15	65
5	124	145	43.5	44,2	32	85
M±σ	121±2°	140±4°	41,2±2,7	41,8±3,0	24,4±7,2	75±12,7

4. Заключение

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что применение в функциональном послеоперационном периоде (10-21 день) реабилитации статодинамических упраж-

нений длительного характера, является эффективным (с точки зрения времени) средством восстановления коленного сустава волейболистов высокой квалификации после парциальной резекции заднего рога медиального мениска.

Список литературы

1. Cieśla E1, Dutkiewicz R, Męłosiek M, Nowak-Starz G, Markowska M, Jasiński P, Dudek J. Sports injuries in Plus League volleyball players // J Sports Med Phys Fitness. 2015 Jun. Vol.55 (6). P. 628-638.
2. Baugh CM, Weintraub GS, Gregory AJ, Djoko A, Dompier TP, Kerr ZY. Descriptive Epidemiology of Injuries Sustained in National Collegiate Athletic Association Men's and Women's Volleyball. SportsHealth. 2018. Vol.10 (1). P. 60-69. DOI: 10.1177/1941738117733685.
3. Пучко А.А., Ясюкевич А.С., Гулевич Н.П., Маслов О.В. Анализ уровня и структуры травм коленного сустава в различных видах спорта // Прикладная спортивная наука. 2019. №1(9). С. 65-75.
4. Goutteborge V, van Sluis M, Verhagen E, Zwerver J. The prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: the systematic development of an intervention and its feasibility // Inj Epidemiol. 2017. Vol.4 (1). P. 25. DOI: 10.1186/s40621-017-0122-y.
5. Andrews SHJ, Adesida AB, Abusara Z, Shrive NG. Current concepts on structure-function relationships in the menisci // Connect Tissue Res. 2017. Vol.58 (3-4). P. 271-281. DOI: 10.1080/03008207.2017.1303489.
6. Касимов В.И., Русских А.Н., Шабоха А.Д. Морфологические особенности травм менисков коленных суставов человека // Современные технологии лечения пациентов с травмой опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы. Сборник статей научно-практической конференции. Отв. ред. Т.Г. Рукша. Красноярск, 2019. С. 131-137.
7. Hu J, Xin H, Chen Z, Zhang Q, Peng Y, Jin Z. The role of menisci in knee contact mechanics and secondary kinematics during human walking // ClinBiomech (Bristol, Avon). 2019. Vol.61. P. 58-63. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.11.009.
8. Feeley BT, Lau BC. Biomechanics and Clinical Outcomes of Partial Meniscectomy. J Am Acad Orthop Surg. 2018. Vol.26, (24). P.853-863. DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00256.
9. Воронин Д.М., Воронина Е.Г. Физическая реабилитация при травмах коленного сустава // Современные здоровьесберегающие технологии. 2018. №3. С. 15-32.
10. Кауркин С.Н., Скворцов Д.В., Ахпашев А.А., Загородний Н.В. Функция коленного сустава до и после резекции менисков // Материалы III Всероссийского конгресса с международным участием «Медицинская помощь при травмах мирного и военного времени, новое в организации и технологиях». Krasnoyarsk, 2018. С. 118-120.
11. Миронов С.П., Цыкунов М.Б., Буйлова Т.В. Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение) // Вестник восстановительной медицины. 2016. №3(73). С. 78-85.
12. Васильев В.Н., Новиков А.В. Изменения в оперированном коленном суставе после артроскопической резекции менисков под влиянием различного лечения // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Классика и инновации в травматологии и ортопедии», посвященной 75-летию проф. А.П. Барабаша. Саратов, 29-30 июня 2016 года. 2016. С. 59-63.

References

1. Cieśla E1, Dutkiewicz R, Męłosiek M, Nowak-Starz G, Markowska M, Jasiński P, Dudek J. Sports injuries in Plus League volleyball players. J Sports Med Phys Fitness. 2015;55(6): 628-638.
2. Baugh CM, Weintraub GS, Gregory AJ, Djoko A, Dompier TP, Kerr ZY. Descriptive Epidemiology of Injuries Sustained in National Collegiate Athletic Association Men's and Women's Volleyball. Sports Health. 2018;10(1):60-69. DOI: 10.1177/1941738117733685.
3. Puchko AA, Yasyukevich AS, Gulevich NP, Maslov OV. Analysis of the level and structure of knee injuries in various sports. Applied Sports Science. 2019;1(9):65-75. Russian.
4. Goutteborge V, van Sluis M, Verhagen E, Zwerver J. The prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: the systematic development of an intervention and its feasibility. Inj Epidemiol. 2017;4(1):25. DOI: 10.1186/s40621-017-0122-y.
5. Andrews SHJ, Adesida AB, Abusara Z, Shrive NG. Current concepts on structure-function relationships in the menisci. Connect Tissue Res. 2017;58(3-4):271-281. DOI: 10.1080/03008207.2017.1303489.
6. Kasimov VI, Russkikh AN, Shabokha AD. Morphological features of injuries of human knee joint meniscus. Collection of articles of scientific and practical conference «Modern technologies of treatment of patients with trauma of musculoskeletal system and central nervous system». Krasnoyarsk, 2019: 131-137. Russian.
7. Hu J, Xin H, Chen Z, Zhang Q, Peng Y, Jin Z. The role of menisci in knee contact mechanics and secondary kinematics during human walking. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2019;61:58-63. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.11.009.
8. Feeley BT, Lau BC. Biomechanics and Clinical Outcomes of Partial Meniscectomy. J Am Acad Orthop Surg. 2018;26(24): 853-863. DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00256.
9. Voronin DM, Voronina EG. Physical rehabilitation for injuries of the knee-joint. Modern health-saving technologies. 2018;3:15-32. Russian.
10. Kaurkin SN, Skvortsov DV, Akhpashev AA, Zagorodni NV. The function of the knee joint before and after resection of the menisci. Materials of the III All-Russian Congress with international participation «Medical care for injuries in peacetime and wartime, new in the organization and technologies», Krasnoyarsk, 2009: 118-120. Russian.
11. Mironov SP, Tsykunov MB, Buylova TV. Rehabilitation for damage to the capsule-ligamentous apparatus of the knee joint (surgical treatment). Bulletin of rehabilitation medicine. 2016;3(73):78-85. Russian.
12. Vasiliev VN, Novikov AV. Changes in the operated knee joint after arthroscopic resection of the menisci under the influence of various treatments. Collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference «Classics and innovations in traumatology and orthopedics», dedicated to the 75th anniversary of Prof. A.P. Barabash. Saratov, 2016: 59-63. Russian.

13. Lee YS, Lee OS, Lee SH. Return to Sports After Athletes Undergo Meniscal Surgery: A Systematic Review // Clin J Sport Med. 2019. Vol.29 (1). P. 29-36. DOI:10.1097/JSM.0000000000000500

14. Журавлев А.А. Развитие силовых способностей с помощью применения статодинамических упражнений на занятиях физической культурой // Молодой ученый. 2017. №50 (184). С. 59-61.

15. Chaouachi A, Padulo J, Kasmir S, Othmen AB, Chatra M, Behm DG. Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hip flexion range of motion // Clin Physiol Funct Imaging. 2017. Vol.37 (1). P. 23-29. DOI: 10.1111/cpf.12263.

16. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, Silva MF. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training on the quadriceps rehabilitation following partial meniscectomy: A randomized clinical trial // Phys Ther Sport. 2019. Vol.39. P. 120-125. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.07.005.

17. Петрова В.В., Колбахова С.Н., Шевякова Н.И. Применение специальных упражнений с целью восстановления и повышения общей работоспособности спортсменов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016. Т.93, №2-2. С.123.

18. Романова А.А. Принципы реабилитации после менисэктомии. Лечебная физическая культура // Сборник материалов конференции «Мечниковские чтения – 2019». Санкт-Петербург, 24-25 апреля 2019 года. С. 224.

19. Walsh GS. Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength // Hum Mov Sci. 2017. Vol.55. P. 189-195. DOI: 10.1016/j.humov.2017.08.014.

20. Капустина Н.В., Смоленский А.В. Оценка функционального состояния коленных суставов у спортсменов с посттравматической хондропатией // Сборник материалов XXI Международной научно-практической конференции «Современная медицина: актуальные вопросы». Новосибирск, 29 июля 2013 года. С.115-121.

13. Lee YS, Lee OS, Lee SH. Return to Sports After Athletes Undergo Meniscal Surgery: A Systematic Review. Clin J Sport Med. 2019;29(1):29-36. DOI: 10.1097/JSM. 0000000000000500

14. Zhuravlev A.A. The development of strength abilities through the use of static-dynamic exercises in physical education. Young scientist. 2017;50(184):59-61. Russian.

15. Chaouachi A, Padulo J, Kasmir S, Othmen AB, Chatra M, Behm DG. Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hip flexion range of motion. Clin Physiol Funct Imaging. 2017;37(1):23-29. DOI: 10.1111/cpf.12263.

16. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, Silva MF. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training on the quadriceps rehabilitation following partial meniscectomy: A randomized clinical trial. Phys Ther Sport. 2019 Sep; 39:120-125. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.07.005.

17. Petrova VV, Kolbakhova SN, Shevyakova NI. The use of special exercises to restore and improve the overall performance of athletes. Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy. 2016;93(2):123. Russian.

18. Romanova AA. Principles of rehabilitation after meniscectomy. Medical physiological culture. The conference proceedings «Mechnikov Readings-2019». Saint Petersburg, 2019: 224. Russian.

19. Walsh GS. Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength. Hum Mov Sci. 2017;55:189-195. DOI: 10.1016/j.humov.2017.08.014.

20. Kapustina NV, Smolensky AV. Evaluation of the functional condition of the knee joints in athletes with post-traumatic chondropathy. XXI Int. scientific-practical conference proceedings «Modern medicine: current issues» Novosibirsk, 2013:115-121. Russian.

Информация об авторах:

Чумак Евгений Владимирович, аспирант БУ ВО Сургутский государственный университет. ORCID ID: 0000-0003-3928-5472 (+7 (909) 985-93-44, zen_1979@mail.ru)

Снигирев Александр Сергеевич, доцент кафедры теории физической культуры БУ ВО Сургутский государственный университет, к.б.н. ORCID ID: 0000-0001-9183-2846

Кошевой Олег Александрович, старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры БУ ВО Сургутский государственный университет, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-1770-2394

Information about the authors:

Yevgeny V. Chumak, Postgraduate Student of the Surgut State University. ORCID ID: 0000-0003-3928-5472 (+7 (909) 985-93-44, zen_1979@mail.ru)

Alexander S. Snigirev, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of physical culture theory of the Surgut State University. ORCID ID: 0000-0001-9183-2846

Oleg A. Koshevoy, Ph.D. (Biology), Senior Lecturer of the Department of medical and biological bases of physical culture of the Surgut State University. ORCID ID: 0000-0003-1770-2394

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 13.09.2019

Принята к публикации: 02.12.2019

Received: 13 September 2019

Accepted: 02 December 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.80

УДК: 61:796/799

Актуальные вопросы спортивной медицины: Европейский конгресс-2019

Ю.Л. Венеццева, П.Ю. Прохоров

*Медицинский институт ФГБОУ ВО Тульский государственный университет,
Министерство науки и высшего образования РФ, Тула, Россия*

РЕЗЮМЕ

Представлен научный отчет об XI Европейском Конгрессе по спортивной медицине, проводимом EFSMA 3-5 октября 2019 года в г. Порторож, Словения. Основными научными направлениями Конгресса были вопросы воспитания элитных юных спортсменов, медицинские критерии спортивного отбора, мониторинг здоровья спортсменов, профилактика в спортивной медицине, лечение травм и возвращение в спорт, физическая активность для профилактики и терапии.

Ключевые слова: Европейский конгресс, спортивная медицина, EFSMA

Для цитирования: Венеццева Ю.Л., Прохоров П.Ю. Актуальные вопросы спортивной медицины: Европейский конгресс-2019 // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 80-82. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.80.

Actual problems in sport medicine: European congress-2019

Yulia L. Venevtseva, Pavel Yu. Prohorov

Medical Institute of Tula State University, Tula, Russia

ABSTRACT

Scientific report of XIth EFSMA Congress in sport medicine is given (3-5 October 2019 in Portoroz, Slovenia). The main Congress topics were: development of elite young athlete, medical criteria for selection in sport, monitoring of athletes health, prevention in sports medicine, injury management and return to sport, exercise prescription for prevention and therapy.

Key words: European congress, sport medicine, EFSMA

For citation: Venevtseva YuL, Prohorov PYu. Actual problems in sport medicine: European congress-2019. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):80-82. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.80.

XI Европейский Конгресс EFSMA по спортивной медицине, состоявшийся с 3 по 5 октября 2019 года в г. Порторож, Словения, собрал около 400 участников из 42 стран со всего мира. Россию представляли свыше 15 делегатов из Москвы, Санкт-Петербурга, Перми, Тулы и других городов. Заседания проходили параллельно в 3 залах.

Как и сама спортивная медицина, научная программа Конгресса была очень разнообразной, предоставляя возможность дополнить знания в любой области – от юных спортсменов до паралимпийского спорта. 70 докладчиков из 25 стран прочитали 75 лекций, проведено 6 мастер-классов и 3 обучающих курса. Постерная секция включала 47 докладов.

В центре внимания Конгресса находился детский спорт. Ведущие мировые эксперты Prof. Dr. Yannis Pitsiladis (Великобритания) и Prof. Dr. Vassilis Klissouras (Греция) посвятили свои доклады роли наследственности в поиске и селекции спортивных талантов. Так, под сильным генетическим контролем находится пластичность моторной коры, а МПК наследуется только на

40-70%, при этом для мальчиков в большей степени по материнской линии. Спортивный врач из школы футбола из Португалии João Paulo Pereira De Almeida поделился опытом поиска юных талантов в футболе. Тренеры обращают внимание на следующие качества ребенка: талант/техника, интеллигентность/умственные способности (уверенность, концентрация, принятие решений), личностные характеристики и, особенно, скорость. Наследственно обусловлена и «интеллигентность в игре». Считается, что эффективность тренировок на 90% зависит от физической и на 10% – от технической и тактической подготовленности, а успех матча – наоборот, соответственно на 10% и 90%.

Prof. Dr. Jürgen Michael Steinacker (Германия) остановился на роли биологического возраста при спортивном отборе и основной причине его ретардации – синдроме функционального гипогонадизма у девушек. Одним из критериев этого синдрома считается индекс массы тела ниже 18,5 кг/м², часто из-за anorexia nervosa или anorexia athletica. Распространенность синдрома – 74% в гимнастике, 33% в танцах, 35% в легкой атлетике, 24% в волей-

боле и 20% в теннисе. Если биологический возраст не соответствует критериям времени наивысших результатов при данной специализации, целесообразно сменить вид спорта. У детей препубертатного возраста ниже уровень Hb, а максимальное потребление кислорода (МПК) достигает максимума в конце полового созревания, что объясняют увеличением уровня тестостерона.

Член рабочей группы по подготовке Европейских рекомендаций по спортивному отбору Prof. Dr. Anca Mirela Ionescu из Румынии рассказала о медицинских критериях фаз отбора и их особенностях для разных видов спорта. Большое значение сейчас придается генетически обусловленной скорости восстановления. Время этапов отбора: начальный (5-7 лет), учебно-тренировочный и спортивного совершенствования за последние 35 лет практически не изменились, однако была подчеркнута важная роль психологической устойчивости к стрессу во время соревнований международного уровня, что гарантирует безопасный спорт.

Prof. Dr. William Oliver Roberts (USA) из университета Миннесоты остановился на связи риска травматизма с занятиями одним/несколькими видами спорта. Если подросток занимается одним видом свыше 8 месяцев в году и участвует в соревнованиях за пределами штата, то риск травм возрастает на 85% относительно спортсменов, занимающихся несколькими видами на уровне учебного заведения. В этом случае рекомендуется отдых от тренировок не менее 3 месяцев в году при соблюдении привычного уровня двигательной активности с использованием других видов спорта, а также 1-2 выходных дня в неделю. Необходим также постоянный контроль питания, стадий пубертата, психологического статуса и самочувствия.

На секции «Спортивное сердце: предсказание или профилактика?» было представлено 4 доклада. Prof. Dr. Alessandro Biffi (Италия) в своем выступлении «Влияние предсоревновательного скрининга на кардиоваскулярную профилактику: этические, социальные и клинические аспекты» указал, что впервые в мире это обследование стало проводиться в регионе Венето в Италии в 1982 году, что позволило снизить внезапную смерть в спорте. Конечно, из-за отсутствия англоязычных публикаций мало что известно за рубежом об опыте диспансеризации спортсменов в СССР и России, проводящейся еще с 20-30-х годов прошлого столетия.

Doc. Dr. Franco Giada (Италия) доложил об аритмиях у спортсменов, представляющих повод для беспокойства. Так, если при холтеровском мониторинге обнаруживается свыше 2000 экстрасистол (ЭС) за 24 часа или если есть полиморфные или политопные ЭС, необходимо провести полное кардиологическое обследование и, даже при отсутствии патологии, отстранить спортсмена от тренировок для выяснения связи ЭС с физической нагрузкой. Особенно это касается лиц среднего возраста, продолжающих напряженную соревновательную деятельность, в том числе регулярно участвующих в марафонах.

Dr. Michael Papadakis (Великобритания) посвятил свое выступление современным подходам к допуску к занятиям при некоторых кардиомиопатиях (КМП). Сейчас принято более либеральное отношение и персональная свобода при выявлении гипертрофической, дилатационной КМП или некомпактного миокарда левого желудочка, однако, при аритмогенной дисплазии правого желудочка занятия противопоказаны. Все лица из социального окружения спортсмена должны быть уведомлены и вовлечены в процесс принятия окончательного решения. При гипертрофической КМП нельзя допускать обезвоживания, снижающего ударный объем левого желудочка. Кроме того, некоторые биодобавки, полученные от тренера, могут вызвать увеличение QT и способствовать фибрилляции желудочков. В конце ведущий секцию Prof. Dr. José Kawazoe Lazzoli (Бразилия) представил 4 клинических случая: острый миокардит у врача-хирурга, тромбы в правой коронарной артерии с благоприятным исходом, гипертрофическая КМП у бегуна 30 лет и приступы сердцебиения у девушки 21 года. Более подробно вопросы спортивной кардиологии будут рассмотрены на Европейском конгрессе EuroPrevent 2-4 апреля 2020 года в Малаге, Испания.

На секции по неврологической патологии в спорте говорилось о профилактике сотрясений головного мозга, о психиатрических проблемах и тепловом ударе. Для 5-35% элитных спортсменов, чаще паралимпийцев, соревновательный спорт может являться средством купирования психологических проблем. Особенно актуальны для спортсменов депрессивные состояния и расстройства питания. Хотя все препараты, используемые в психиатрии, отрицательно влияют на работоспособность, некоторые могут ее повышать, например, при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью.

Тепловой удар непредсказуем, он может развиваться и при умеренной температуре воздуха. Сростом географической широты риск его возрастает, особенно у лиц с подобным состоянием в анамнезе. Более подвержены тепловому удару слабо подготовленные спортсмены-марафонцы, игнорирующие его первые признаки, при этом клиника может быть похожа на острую сердечную недостаточность. При ректальной температуре 42° показано срочное охлаждение всеми способами, в том числе в холодной ванне.

О современных представлениях и механизмах развития перетренированности доложил Prof. Dr. Peter Hans Schober (Австрия), который сослался на фундаментальные работы отечественного биохимика, д.б.н., профессора Н.Н. Яковлева, занимавшегося в середине прошлого столетия вопросами суперкомпенсации в процессе восстановления. Обзор исследований, посвященных изменениям гормонального и метаболического статуса при перетренированности, опубликованных в этом году, включал работы F.A. Cadegiani и С.Е. Kater. Примечательно, что на XII Международном Симпозиуме по спортивной медицине и реабилитологии под

эпидией Первого МГМУ им. И.М. Сеченова профессор Збигнев Вашкевич из Катовице (Польша) в своем выступлении о перетренированности в футболе 20.10.2019 также привел результаты последних исследований этих же авторов.

Prof. Dr. Xavier Bigard (Франция) сделал доклад о молекулярных механизмах противовоспалительного эффекта физических упражнений и регенерации в спорте; prof. Dr. Frank Moogen (Германия) – о четкой связи иммунного ответа с интенсивностью нагрузки, подтверждающей феномен «открытого окна».

Эксперт по пара-спорту Doc. Dr. Sandra Rozenstoka (Латвия) осветила разные подходы к медицинскому сопровождению спортсменов, а также трудности по их ранжированию на функциональные группы для соревновательной деятельности.

Большое внимание на Конгрессе уделялось повышению двигательной активности населения, а также роли врачей в этом процессе. Все докладчики к имеющимся в настоящее время трудностям относили недостающие знания врачей по этим вопросам, не входящие в стандартную образовательную программу. Для повышения мотивированности рекомендуют сфокусировать внимание пациентов на самочувствии после занятий и, при правильной дозировке, на осознании улучшения настроения и самочувствия в фазу суперкомпенсации. Новый актуальный синдром – дефицита физической активности (exercised ficiency syndrome) и сидячий образ жизни сейчас рассматриваются как факторы риска, вред от которых сравним с курением.

Prof. Dr. Natasha SC Jones (Великобритания) поделилась своим опытом реализации бизнес-проекта «Moving medicine» по привлечению медперсонала клиники, а также пациентов к активным занятиям физкультурой. Для этого необходим контакт со всеми организациями, в том числе с различными медицинскими ассоциациями, заинтересованными в повышении уровня здоровья. Доктор, ведущий активный образ жизни, сможет дать аргументированный совет пациенту, отводя на это все-

го минуту во время поликлинического приема. Необходимо отметить, что в СССР, 30-40 лет назад, подобная практика была обычной: медработники сдавали нормы «Готов к труду и обороне» (ГТО), занимались производственной гимнастикой и участвовали в массовых соревнованиях, организуемых добровольным спортивным обществом «Спартак».

Напомнили советские времена и физкультминутки с демонстрацией упражнений инструкторами, проводимые во всех залах Конгресса каждый час под бодрую музыку. Все присутствующие, включая президиум, активно «разминались», хотя иногда для этого даже приходилось прерывать выступление.

Значительное место в программе Конгресса занимали также спортивная травматология, детская ортопедия и клиническая биомеханика. Вместе с тем, всего 40 минут было выделено на доклады, посвященные борьбе с допингом.

По сравнению с предыдущими европейскими форумами в программу были включены новые актуальные направления, такие, как участие в соревнованиях атлетов-трансгендеров и интерсексуалов. «Мышечная память» дает преимущества мужчинам-трансгендерам, этот же феномен отмечен и у спортсменов, ранее использовавших анаболические стероиды. По поводу мониторинга уровня тестостерона у женщин в аудитории разгорелась дискуссия с участием представителей WADA.

По окончании конгресса Prof. Dr. Xavier Bigard наградила 4 молодых ученых, в том числе студента 3 курса Медицинского института Тульского государственного университета Л.В. Путилина за лучший устный доклад «Артериальное давление, вариабельность ритма сердца и паттерн дыхания у спортсменов-любителей разных видов спорта». Этот факт в очередной раз доказывает высокий уровень развития спортивной медицины в России и его полное соответствие европейским стандартам.

Следующий конгресс EFSMA пройдет 28-30 октября 2021 года в Будапеште.

Информация об авторах:

Венева Юлия Львовна, заведующая кафедрой пропедевтики внутренних болезней Медицинского института ФГБОУ ВО Тульский государственный университет Минобрнауки России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0003-2755-6909 (+7 (950) 922-04-80, ulvenvtseva@rambler.ru)

Прохоров Павел Юрьевич, студент Медицинского института ФГБОУ ВО Тульский государственный университет Минобрнауки России. ORCID ID:0000-0002-9661-1695

Information about the authors:

Yulia L. Venetseva, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Propedeutics of Internal Disease Department of the Medical Institute of the Tula State University. ORCID ID: 0000-0003-2755-6909 (+7 (950) 922-04-80, ulvenvtseva@rambler.ru)

Pavel Yu. Prohorov, Student of the Medical Institute of the Tula State University. ORCID ID:0000-0002-9661-1695

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 15.10.2019

Принята к публикации: 20.11.2019

Received: 15 October 2019

Accepted: 20 November 2019

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.83

УДК: 61:796/799

Отчет о Всемирной международной конференции по вопросам допинга в спорте (Катовица, Польша, 4-7 ноября 2019 года)

И.Е. Зеленкова¹, Д.С. Ильин^{1,2}

¹АНО Центр медико-биологических инноваций, Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Министерство здравоохранения РФ, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

В Польше в городе Катовице с 4 по 7 ноября 2019 года проходила международная конференция по вопросам допинга в спорте. В конференции участвовали представители ВАДА, международных спортивных федераций, национальных Олимпийских комитетов, а также более 1500 делегатов со всего мира. Были подведены итоги борьбы с допингом за 20 лет и обозначены перспективы на будущее.

Ключевые слова: Всемирная международная конференция по вопросам допинга в спорте, кодекс 2021, ВАДА, РУСАДА, генетическое тестирование

Для цитирования: Зеленкова И.Е., Ильин Д.С. Отчет о Всемирной международной конференции по вопросам допинга в спорте (Катовица, Польша, 4-7 ноября 2019 года) // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №4. С. 83-84. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.83.

The World Conference on Doping in Sport (4-7 November, Katowice, Poland)

Irina E. Zelenkova¹, Danil S. Ilin^{1,2}

¹ANO «Center of medical-biological innovations»

²Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

The World Conference on Doping in Sport took place in Poland, Katowice from 4th to 7th of November 2019. WADA representatives and members of international sports federations, as well as more than 1500 delegates from all over the world, participated in the conference. Review of the anti-doping education of the past 20 years was summarized, perspectives for the future work were set.

Key words: The World Conference on Doping in Sport, 2021 code, WADA, RUSADA, gene testing

For citation: Zelenkova IE, Ilin DS. The World Conference on Doping in Sport (4-7 November, Katowice, Poland). Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(4):83-84. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.83.

В Польше, в городе Катовице, с 4 по 7 ноября 2019 года прошла Всемирная международная конференция по вопросам допинга в спорте. Открывал конференцию президент Польши Анджей Дуда, президент МОК Томас Бах, избранный с 1 января 2020 года президент ВАДА Витольд Банка, ныне действующий президент ВАДА Сэр Крейг Риди. На мероприятии обсуждались вопросы антидопинговой борьбы за последние 20 лет и принятие кодекса 2021 года.

В своем выступлении Сэр Крейг Риди не обошел вниманием ситуацию с российским допинговым кризисом. В частности, выразил недовольство тем, как «элементы в системе» неудачно боролись с проблемой». Риди признал, когда разразился «российский кризис», организация была не готова к решению столь масштабной проблемы, однако с принятием Международного Стандарта по соответствию Кодексу подписавшихся сторон (ISCCS) ситуация улучшилась.

Президент Международного Олимпийского Комитета (МОК) Томас Бах предложил организации ВАДА рассмотреть идею о делегировании своих программ тестирования Международному Агентству Тестирования (ITA), которое является частью мониторинга соответствий. Он добавил: «Очень обнадеживает тот факт, что уже 41 международная федерация заключила партнерские отношения с ITA. Это многообещающее начало, но чтобы сохранить престиж спорта мы не должны останавливаться на достигнутом. Вот почему мы призываем все международные федерации полностью делегировать соответствующие программы Международному Агентству Тестирования. Это полностью соответствует духу нового «Международного стандарта ВАДА по обработке результатов», который примут на этой неделе»

Главной задачей Всемирной конференции по вопросам допинга в спорте являлось представление и обсуждение Всемирного антидопингового кодекса 2021 года.

Проект кодекса был доработан и представлен 7 ноября 2019 года, но вступит в силу лишь 1 января 2021 года.

Будущий кодекс включает в себя: регламент делегирования сторонним организациям проведения антидопинговых тестирований (например, ITA); меры наказаний за повторные положительные допинг-пробы; внесение правок в статью о наркотических и контаминированных веществах; комментарии к статье кодекса 23.2.2 которая гласит, что результаты антидопинговых тестов могут использоваться в качестве мониторинга уровня тестостерона у трансгендерных спортсменов и у атлетов с отличающимся половым развитием (DSD).

Главная задача антидопинговых организаций – защита чистых спортсменов и борьба с употреблением запрещенных субстанций и методов в спорте. Однако в последнее время были выявлены не единичные случаи употребления спортсменами допинга, а организованные схемы с участием «окружения спортсмена». Томас Бах выразил сожаление, что на прошлой неделе конференция сторон ЮНЕСКО не сумела достигнуть консенсуса по вопросу принятия документа о дисциплинарных мерах за несоблюдение Международной конвенции о борьбе с допингом в спорте, проект которой предполагал согласие стран с санкциями под эгидой Всемирного антидопингового агентства (WADA) и олимпийского движения. Несмотря на желание ряда стран принять документы путем голосования, было принято решение отправить их на доработку специальной рабочей группе. Томас Бах сказал, что причина его сожаления заключается в том, что МОК обладает необходимой юрисдикцией только в отношении Олимпийских Игр. Таким образом, антидопинговое сообщество вынуждено прибегать

к помощи правительств, чтобы быть более эффективным. Слова Томаса Баха поддержали президент Польши Анджей Дуда и Франц Шварценбахер из Австрийского агентства уголовной разведки. Анджей Дуда отметил, что допинг заставил обращать внимание не на истинные достижения спортсменов, а на тех атлетов, которые «отравляют свой организм».

Также предметом обсуждения в антидопинговом сообществе стало заявление президента МОК о внедрении генетического тестирования на Олимпийских Играх Токио 2020 года. Это станет дополнительным мощным оружием против нарушителей антидопинговых правил. Новое генетическое исследование начал разрабатывать с 2006 года Яннис Пициладис, профессор спортивной науки и генетики в Брайтонском университете в Великобритании. Тест является более эффективным по сравнению с другими методами определения использования допинга. Исследователи надеются, что генетический тест будет выявлять любой вид запрещенных препаратов, но пока он направлен только на определение допинга в крови. Метод включает выявление изменений в генетической сигнатуре организма в результате двух форм кровяного допинга: переливание крови или использование запрещенных веществ, которые увеличивает выработку эритроцитов, включая эритропоэтин. Несомненный плюс данного теста в том, что обнаружить изменение сигнатуры можно после нескольких недель и даже месяца. МОК утверждает, что сможет хранить образцы крови, чтобы в дальнейшем их проанализировать, даже если данный метод допинг-контроля не будет внедрен на Олимпийских играх в Токио 2020.

Информация об авторах:

Зеленкова Ирина Евгеньевна, главный врач Инновационного центра Олимпийского комитета России, сертифицированный врач МОК, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-2166-6704 (+7 (916) 774-03-93, iz@i1.ru)

Ильин Данил Сергеевич, специалист инновационного центра Олимпийского комитета России, студент факультета педиатрии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России. ORCID ID: 0000-0001-7951-3607

Information about the authors:

Irina E. Zelenkova, M.D., Ph.D. (Medicine), Chief Doctor of the Innovation Center of the Russian Olympic Committee, IOC certified physician. ORCID ID: 0000-0002-2166-6704 (+7 (916) 774-03-93, iz@i1.ru)

Danil S. Ilin, Specialist of the Russian Olympic Committee Innovation Center, Student of the Faculty of pediatrics of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). ORCID ID: 0000-0001-7951-3607

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 13.11.2019

Принята к публикации: 29.11.2019

Received: 13 November 2019

Accepted: 29 November 2019