



Роботизированный комплекс для безоперационной декомпрессии и коррекции позвоночника

SpineMT^{K-1}

Мировые стандарты вытяжения и мобилизации позвоночника



Быстрое восстановление!
Высокая эффективность!
Индивидуальный подход!
Регенерация диска!

ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА

№2 (172)
2024

И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

ISSN 2072-4136



• ФИТНЕС • МАССАЖ • ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА • ЭРГОТЕРАПИЯ
• СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА • РЕАБИЛИТАЦИЯ • ПРОФИЛАКТИКА

16+

Сенсорные комнаты



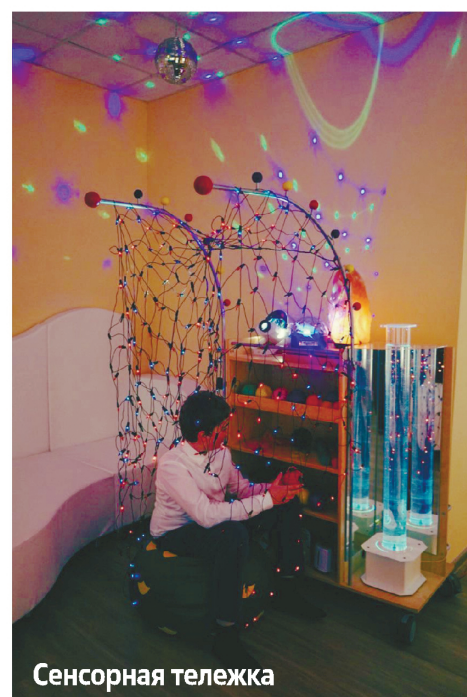
Сенсорная комната «Сноузелен»



Сенсорная комната «White»



Сенсорная комната «White»



Сенсорная тележка

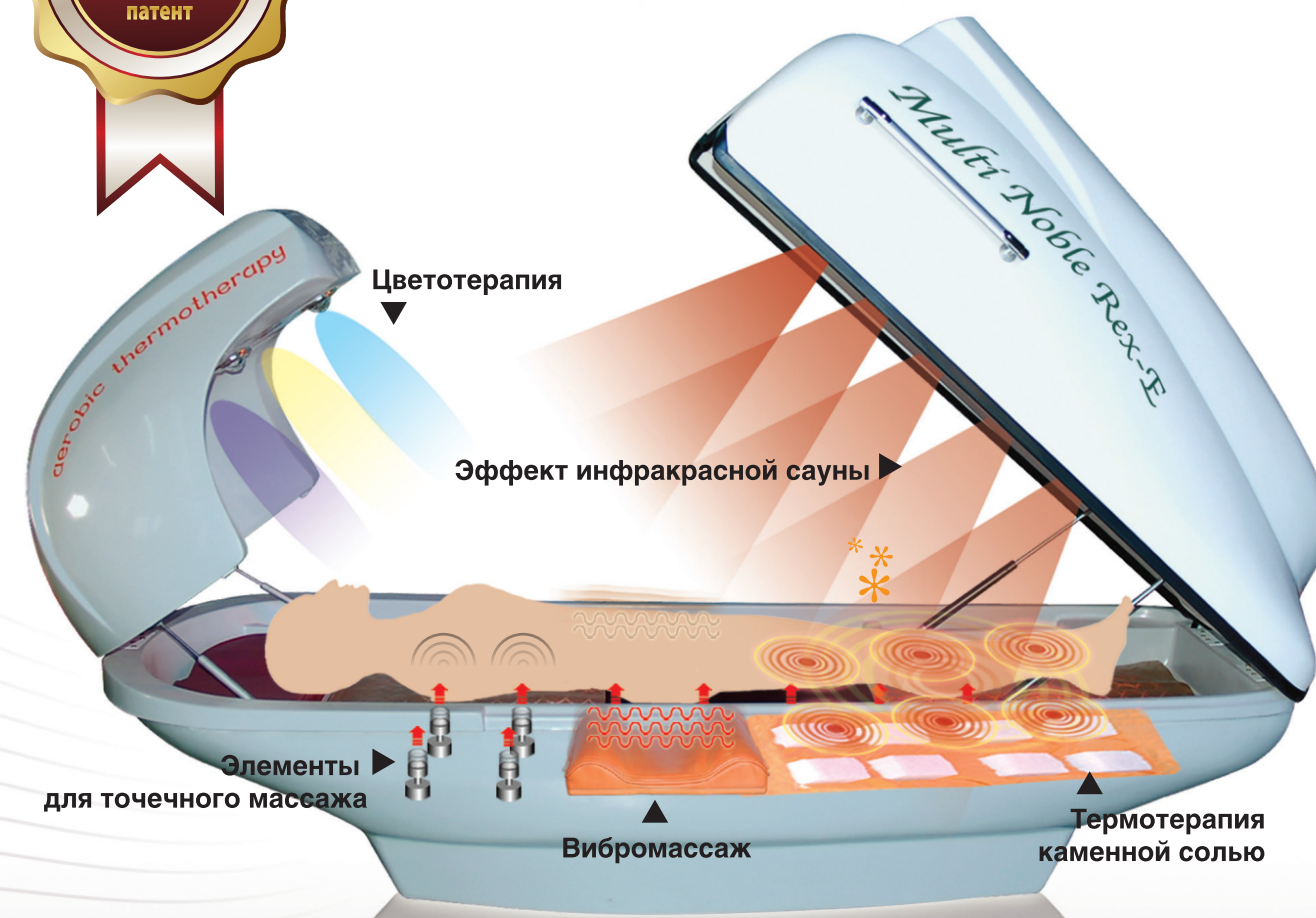
Сенсорная комната - это особым образом организованная окружающая среда, наполненная различного рода стимуляторами, цель которых заключается в воздействии на органы чувств человека. Сенсорная комната может использоваться не только с целью оказания успокаивающего и расслабляющего действия, но и для достижения тонизирующего и стимулирующего эффекта. Секрет заключается в сочетании разных стимулов. К ним относятся: свет и цвет, звуки (музыка), запахи, а также тактильные ощущения. Наборы стимулов можно объединить в группы в зависимости от рецептора, на который они воздействуют.

Чем полезна сенсорная комната: достижение состояния релаксации и отдыха, психологической разгрузки; пробуждение интереса к познавательной деятельности; восстановление и развитие утраченных функций организма (мелкая моторика); социальная реабилитация и адаптация. Сенсорная комната прекрасно подойдет для установки в детских центрах, центрах направленных на реабилитацию инвалидов (детей и взрослых), учреждениях, направленных на реабилитацию людей, перенёсших психологические травмы и сильные эмоциональные потрясения.

Любую сенсорную комнату можно комплектовать по вашим запросам. Научно-производственная компания «Аконит-М» уже много лет является одним из ведущих поставщиков оборудования для сенсорных комнат.

Multi Noble Rex-E

Аппаратный многофункциональный комплекс-капсула для оздоровления, омоложения, коррекции фигуры,



Тел.: 8 (495) 540-47-11, 8 (800) 555-17-60 - бесплатно по РФ
www.aconit.ru e-mail: aconit-m@aconit.ru

Реклама

Реклама



SHINWA MEDICAL INC.



АКОНИТ-М

«ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Включен ВАК в Перечень ведущих научных изданий

Учредитель и издатель –
ОБЩЕРОССИЙСКИЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ФОНД
«СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ»



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Юнусов Ф.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Федоров А.Н., врач по спортивной медицине,
Москва, Россия

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Поляев Б.А., д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, главный специалист по спортивной медицине Минздрава РФ, Москва, Россия

ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Иванова Г.Е., д.м.н., профессор, главный специалист по медицинской реабилитации Минздрава РФ, Москва, Россия

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ ПО СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

Бадтиева В.А., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, Москва, Россия

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ ПО ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЕ

Епифанов В.А., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Парастаев С.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Макарова Г.А., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Краснодар, Россия
Васильева Л.Ф., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Орджоникидзе З.Г., д.м.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Москва, Россия
Поляков С.Д., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Бодрова Р.А., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Самойлов А.С., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, Москва, Россия
Гаврилова Е.А., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Медведев И.Б., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Спасский А.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Смоленский А.В., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Цыкунов М.Б., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Ачкасов Е.Е., д.м.н., профессор, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Аухадеев Э.И., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Выходец И.Т., к.м.н., Москва, Россия
Дидур М.Д., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Евдокимова Т.А., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Евсеев С.П., д.п.н., профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, Санкт-Петербург, Россия
Ежов С.Н., д.м.н., профессор, Владивосток, Россия
Еремушкин М.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Жолинский А.В., к.м.н., доцент, Москва, Россия
Завгорулько В.Н., д.м.н., профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, Хабаровск, Россия
Исанова В.А., д.м.н., профессор, Казань, Россия
Калинин А.В., д.м.н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Ключников С.О., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Лайшева О.А., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Левушкин С.П., д.б.н., Москва, Россия
Лукьянова И.Е., д.м.н., доцент, Москва, Россия
Павлов В.И., д.м.н., Москва, Россия
Постников П.В., к.м.н., Москва, Россия
Пушкина Т.А., к.б.н., Москва, Россия
Сергиенко Е.Ю., д.м.н., профессор, Москва, Россия
Шкробко А.Н., д.м.н., профессор, Ярославль, Россия



РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПО СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ И ИНВАЛИДОВ



МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

МОСКВА
2024

СОДЕРЖАНИЕ

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА	SPORTS MEDICINE
ВНЕЗАПНАЯ СЕРДЕЧНАЯ СМЕРТЬ У СПОРТСМЕНОВ А.А. Спасский, М.В. Петрова, Б.А. Поляев, А.А. Михайлов	3 SUDDEN CARDIAC DEATH IN ATHLETES A.A. Spassky, M.V. Petrova, B.A. Polyayev, A.A. Mikhailov
ИММУНОГЛОБУЛИН А: АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ АСПЕКТОВ ПРОБЛЕМАТИКИ В СПОРТЕ С.П. Алпатов, Н.М. Буянова, П.В. Ефимов, А.Г. Кочетов, А.В. Зоренко, С.А. Парастаев	15 IMMUNOGLOBULIN A: ACTUALIZATION OF MEDICAL ASPECTS OF THE PROBLEM IN SPORTS S.P. Alpatov, P.V. Efimov, A.G. Kochetov, A.V. Zorenko, S.A. Parastayev
ЭПИДЕМИОЛОГИЯ СПОРТИВНОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ А.В. Смоленский, О.А. Шевелев, А.В. Тарасов, Д.Н. Менжуренкова	25 EPIDEMIOLOGY OF SPORTS TRAUMATIC BRAIN INJURY A.V. Smolensky, O.A. Shevelev, A.V. Tarasov, D.N. Menzhurenkova
РЕАБИЛИТАЦИЯ	REHABILITATION
РАЗВИТИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ У ДОШКОЛЬНИКОВ С НАРУШЕНИЕМ ОСАНКИ И ПЛОСКОСТОПИЕМ МЕТОДАМИ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ Н.В. Володина	32 DEVELOPMENT OF COORDINATION MOTOR SKILLS IN PRESCHOOLERS WITH IMPAIRED POSTURE AND FLAT FEET BY METHODS OF THERAPEUTIC PHYSICAL CULTURE N.V. Volodina
ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КИНЕЗИОЛОГИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ И.Е. Лукьянова, С.Н. Утенкова, М.В. Грищенко	38 THE PRACTICE OF USING KINESIOLOGICAL EXERCISES IN THE DEVELOPMENT OF VOLUNTARY ATTENTION IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY I.E. Lukyanova, S.N. Utenkova, M.V. Grishchenko
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКОГО СИНДРОМА А.С. Реуков, М.Д. Дидур, А.О. Конради, А.П. Преснухина	43 THE CURRENT STATE AND PROBLEMS OF EMPLOYMENT OF PHYSICAL FACTORS FOR POSTMASTECTOMY SYNDROME TREATMENT NON-CONTACT INFRARED-TERAHERTZ REFLEXOTHERAPY IN THE PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE A.S. Reukov, M.D. Dydur, A.O. Konradi, A.P. Presnukhina
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ, В ТОМ ЧИСЛЕ И У СПОРТСМЕНОВ В.С. Фещенко, Г.Е. Иванова, В.В. Кармазин, В.В. Завьялов, М.Г. Оганисян, А.В. Сливин, Д.В. Журин, С.А. Базанович, Б.Б. Поляев, М.А. Булатова, С.А. Парастаев	50 A REVIEW OF THE LITERATURE ON THE USE OF MOBILE DEVICES FOR REMOTE REHABILITATION, HEALTH MONITORING AND AUTOMATED CONTROL OF THE PROCESS OF REHABILITATION PROGRAMS, INCLUDING ATHLETES V.S. Feshenko, G.E. Ivanova, V.V. Karmazin, V.V. Zavyalov, M.G. Oganisyan, A.V. Slivin, D.V. Zhurin, S.A. Bazanovich, B.B. Polyayev, M.A. Bulatova, S.A. Parastayev
ИННОВАЦИИ В РЕАБИЛИТАЦИИ	MISCELLANEA
СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «ЦИФРОВОЙ РЕАБИЛИТОЛОГ»	61
РАЗНОЕ	MISCELLANEA
ВНИМАНИЮ АВТОРОВ	67 FOR AUTHORS

ВНЕЗАПНАЯ СЕРДЕЧНАЯ СМЕРТЬ У СПОРТСМЕНОВ

УДК 616.12-036.886:796.071.2

А.А. Спасский¹, М.В. Петрова¹, В.А. Поляев², А.А. Михайлов¹

¹РУДН «Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский институт дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Москва)

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России (Москва)

РЕЗЮМЕ

Целью исследования было изучение структуры летальных исходов по причине внезапной сердечной смерти у спортсменов, разработка алгоритма диагностических и профилактических мероприятий и методики выявления факторов риска развития внезапной сердечной смерти у спортсменов. Для решения цели использован комплексный подход с применением теоретических и эмпирических методов, включая аналитический, эпидемиологический, экспериментальный и статистический. Использовались современные клинико-лабораторные и инструментальные методы исследования. На основании полученных результатов 357 случаев внезапной смерти у спортсменов сделано следующее заключение, что предрасполагающим фактором внезапной сердечной смерти в спорте является возраст атлета. Синдром внезапной аритмической смерти является причиной большинства смертей в возрасте до 18 лет, тогда как кардиомиопатии увеличиваются с возрастом. 60 % спортсменов умирают во время физической нагрузки, почти 40 % умирают в покое, что требует проведения дополнительных профилактических мероприятий и наличия автоматического наружного дефибриллятора. Во время физической нагрузки аритмогенная кардиомиопатия правого желудочка вызывает внезапную смерть, это требует ограничения физических нагрузок у спортсменов с этим заболеванием. Высокая распространенность идиопатической гипертрофии левого желудочка или фиброза подчеркивает необходимость дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: аритмогенная правожелудочковая кардиомиопатия; спортсмен; внезапная смерть.

SUDDEN CARDIAC DEATH IN ATHLETES

А.А. Spassky¹, М.В. Petrova¹, В.А. Polyayev², А.А. Mikhailov¹

¹RUDN Medical Institute «Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Patrice Lumumba Peoples' Friendship Institute of Russia»

²PF Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N. I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

SUMMARY

The aim of the study is to study the structure of deaths due to sudden cardiac death in athletes, to develop an algorithm for diagnostic and preventive measures and a methodology for identifying risk factors for sudden cardiac death in athletes.

To achieve this goal, an integrated approach was used using theoretical and empirical methods, including analytical, epidemiological, experimental and statistical. Modern clinical, laboratory and instrumental research methods were used. Based on the results of 357 cases of sudden death in athletes, the following conclusion was made that the age of an athlete is a predisposing factor for sudden cardiac death in sports. Sudden arrhythmic death syndrome is the cause of most deaths under the age of 18, whereas cardiomyopathies increase with age. 60 % of athletes die during physical activity, almost 40 % die at rest, which requires additional preventive measures

and the presence of an automatic external defibrillator. During exercise, arrhythmogenic cardiomyopathy of the right ventricle causes sudden death, which requires limiting physical activity in athletes with this disease. The high prevalence of idiopathic left ventricular hypertrophy or fibrosis highlights the need for further research in this area.

Key words: *arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy; athletes; sudden death.*

ВВЕДЕНИЕ

В статье освещаются аспекты внезапной коронарной смерти у спортсменов: причины её увеличения, диагностические критерии, эпидемиология, проблемы улучшения диагностики и качества проведения аутопсий, факторы риска и стратегии профилактики. Значительная часть летальных случаев от сердечно-сосудистых заболеваний совершается по механизму формирования внезапной сердечной смерти (ВСС). У спортсменов причины развития ВСС следующие: нарушение сердечного ритма и проводимости проводящей системы сердца, которые развиваются вследствие каналопатий, органических изменений сердца (кардиомиопатии, врожденные пороки сердца и др.), миокардиты, что является актуальным для спортивной медицины.

Однако нет единых терминов «внезапная смерть» (ВС) и внезапная сердечная смерть, методики аутопсий, допускаются ошибки в оформлении медицинской документации и кодировании по МКБ-10. Таким образом, врачи спортивной медицины не проявляют интерес к проблеме ВСС, а наличие различных нозологий и отсутствие комплексного подхода при стратификации риска приводит к ошибкам в их работе. Обнаружение закономерностей возникновения ВСС у спортсменов, разработка методики оценки риска смерти на основе простых и доступных методик (анкетирование и оценка ЭКГ) с последующим формированием групп риска являются актуальной проблемой [1, 3].

Термин «внезапная смерть» (ВС) – внезапное смертельное событие, которое не связано с травмой, возникающее в течение одного часа с момента возникновения симптомов у здорового индивидуума. При отсутствии очевидцев к практически здоровым относят лиц, не предъявлявших жалоб в течение предшествующих 24 часов [4, 15]. Термин «внезапная сердечная смерть» (ВСС) применяется в следующих случаях: 1. Если врожденное или приобретенное потенциально фатальное заболевание

сердца было диагностировано при жизни или 2. На аутопсии выявлена патология ССС, способная потенциально быть причиной смерти или 3. Если очевидные экстракардиальные причины смерти по данным аутопсии не выявлены, и нарушение ритма служит наиболее вероятной причиной [4, 15]. В то же время в Консенсусе Российского кардиологического общества и Российского общества патологоанатомов и специалистов по медицинской статистике 2020 г. экспертами делается акцент на важность разделения двух терминов: «ВСС» и «внезапная коронарная смерть» (ВКС) [6]. Авторы рассматривают термины «ВСС» и «ВС» как синонимы и предлагают следующее определение – это групповое понятие, которое отражает факт внезапного, непредвиденного и не связанного с травмой летального исхода. Для данного понятия предлагается использовать код I46.1 Международной классификации болезней 10 пересмотра (МКБ-10). И одновременно с целью возможности корректной статистической обработки причин смертности населения предлагают четко отграничивать понятие «ВКС», наличие которой подразумевает, что причиной развития ВС явилась острая коронарная катастрофа, причем не всегда за счет развития инфаркта миокарда (ИМ), а механизм смерти аритмогенный, и данный термин входит в структуру классификации ишемической болезни сердца (ИБС). Данному понятию соответствует код I24.8 МКБ-10 [7, 8].

Цель исследования – оценка структуры летальных исходов, разработка алгоритма диагностики и методики выявления факторов риска внезапной сердечной смерти у спортсменов.

Диагностические критерии внезапной коронарной смерти следующие:

1) наличие критериев ВС – один час от возникновения симптомов у больного с ИБС, диагностированной прижизненно или только по результатам аутопсии, при исключении других острых причин [15]; или

2) смерть пациента с ОКС до взятия крови на биомаркеры, или когда биомаркеры некроза миокарда не достигли диагностически значимого уровня, при исключении других острых причин [4, 18].

Термин «ВСС» является наднозологическим, который объединяет механизм возникновения летального исхода, развитием в установленный временной промежуток времени нарушений ритма сердца и появления характерных симптомов. ВСС может наблюдаться у пациентов, имеющих различные заболевания, приводящие к её развитию, отличается у пациентов разных возрастов.

2. Эпидемиология ВСС

Различные эпидемиологические исследования, оценивающие частоту распространенности ВСС, показывают разнонаправленные результаты, это обусловлено рядом следующих причин. В большинстве исследований до XX века использовались различные критерии установления ВСС, не всегда проводилась аутопсия для верификации диагноза, в ряде исследований отсутствовали данные проведения аутопсий, что в полной мере не позволяет проводить объективное сравнение. Большая доля посмертных диагнозов ВСС, очевидно, сомнительна, не соответствует современным критериям. Исследование, проведенное в Европе, показало, что проведение аутопсий у пациентов моложе 30 лет (умерших внезапно) составляет менее 50 % [13, 19]. Начиная с 2000-х годов отмечено увеличение роста ВСС, это обусловлено введением критериев ВСС обществами кардиологов, увеличением количества и улучшением качества проведения аутопсий [2, 17].

В исследовании, проведенном в 2016 г., анализируются 357 случаев (1994–2014 гг.) внезапной смерти у спортсменов (средний возраст 29 ± 11 лет, 76 % европеоидов, 92 % мужчин, 69 % участников соревнований). Средний индекс массы тела (ИМТ) и площадь поверхности тела составили 25 ± 5 кг/м² и $2,2 \pm 0,4$ м² соответственно. Тренировки и соревнования в командах проводили 43 % ($n = 155$), 26 % – в индивидуальных ($n = 90$) видах спорта, 31 % ($n = 112$) – спортсмены-любители. Спортивные дисциплины включали: бег ($n = 92$, 25 %), футбол ($n = 91$, 25 %), велоспорт ($n = 30$, 8 %), гимнастика ($n = 30$, 8 %), плавание ($n = 22$, 6 %), тяжелая атлети-

ка ($n = 20$, 6 %), регби ($n = 19$, 5 %), теннис ($n = 6$, 2 %), гольф ($n = 6$, 2 %), бокс ($n = 5$, 1 %) и другие виды спорта ($n = 36$, 12 %). Синдром внезапной аритмической смерти (СВАС) в 42 % был причиной смерти ($n = 149$). Заболевания миокарда выявлены в 40 % случаев, в т.ч. фиброз и/или идиопатическая гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ) в 16 % ($n = 59$), аритмогенная кардиомиопатия правого желудочка (АКПЖ) в 13 %, гипертрофическая кардиомиопатия (ГКП) в 6 %, аномалии коронарных артерий встречались в 5 % случаев. Синдром внезапной аритмической смерти и аномалии коронарных артерий отмечены у молодых атлетов (≤ 35 лет), заболевания миокарда чаще регистрировали у людей старше 60 лет. ВСС наблюдалась в 61 % случаев при интенсивной физической нагрузке; фиброз левого желудочка, как и аритмогенная кардиомиопатия правого желудочка были предвестниками ВСС при физической нагрузке. У 288 (81 %) атлетов заболевание протекало бессимптомно, у 69 (29 %) спортсменов отмечались следующие симптомы: у 27 (8 %) учащенное сердцебиение, у 20 (6 %) боль в груди, у 18 (5 %) обморок, 4 (1 %) жаловались на снижение переносимости физической нагрузки. Пять пациентов страдали от учащенного сердцебиения из-за пароксизмальной фибрилляции предсердий (в т.ч. 1 с синдромом Вольфа – Паркинсона – Уайта). Один спортсмен был госпитализирован за 4 месяца до смерти с подозрением на миокардит. В семейном анамнезе у 28 (8 %) спортсменов имелась преждевременная внезапная смерть. Основными сопутствующими заболеваниями были бронхиальная астма у 28 (8 %), эпилепсия ($n = 5$, 1 %) и пролеченная артериальная гипертензия ($n = 4$, 1 %). Средняя масса сердца составила 421 ± 110 г. У 70 (20 %) спортсменов абсолютное значение составило > 500 г, у которых диагностирована идиопатическая ГЛЖ с фиброзом или без него ($n = 30$, 42 %), у 13 (19 %) – гипертрофическая кардиомиопатия и АКПЖ ($n = 12$, 17 %). Во время физической нагрузки умерли 219 спортсменов (61 %), в т.ч. 14 (4 %) – во время эмоционального стресса. Из 137 испытуемых, умерших в состоянии покоя, 47 (34 %) умерли во время сна. У 8 % исследуемых отмечена внезапная смерть у родителей. Спортсмены, умирающие во время физической

нагрузки, имели АКПЖ (20 % против 3 % в покое, $p < 0,001$), фиброз ЛЖ (39 % против 22 %, $p < 0,001$) и аномалии коронарных артерий (7 % против 1 %, $p = 0,01$). Признаком развития ВСС во время физической нагрузки была АКПЖ, которая была в 6 раз больше по сравнению с другими заболеваниями ССС. Фиброз ЛЖ также был независимым предиктором ВСС, вызванной физической нагрузкой. Коронарные аномалии были редкой причиной ВСС, но большинство смертей происходило при интенсивной физической нагрузке. Проведенные исследования подтверждают, что диагностические мероприятия, проведенные перед началом состязаний, и наличие автоматического наружного дефибрилятора на спортивных площадках должны быть обязательными. Около 40 % спортсменов умирали не тренируясь и 13 % – во сне, поэтому организация неотложных медицинских мероприятий при проведении спортивных состязаний смогла бы предотвратить смерть. Большинство ВСС в период отдыха связаны с наличием ИБС, возможной причиной является синдром первичной аритмии, которая диагностируется с помощью ЭКГ у бессимптомных лиц, целесообразным является проведение дополнительного исследования перед началом соревнований. Отмечено, что в 55–75 % случаев при АКПЖ имеют место отклонения на ЭКГ, поэтому проведение этого исследования должно быть обязательным для выявления спортсменов с этим заболеванием. Фиброз левого желудочка, диагностируемый у спортсменов с бессимптомным течением, является пусковым механизмом для фатальных аритмий, вызванных физической нагрузкой, что требует длительного динамического наблюдения [20].

3. Структурно измененное сердце

ГКМП (гипертрофическая кардиомиопатия) – генетически обусловленное заболевание миокарда, характеризующееся гипертрофией миокарда левого (более 1,5 см) и/или правого желудочка, чаще асимметрического характера за счет утолщения межжелудочковой перегородки, что не может объясняться исключительно повышением нагрузки давлением, и возникающее при отсутствии другого сердечного или системного заболевания, метаболического или полиорганного синдрома, связан-

ного с ГЛЖ. Заболевание вызывается мутациями генов, кодирующих синтез сократительных белков миокарда. ГКМП поражает примерно 1 из 500 человек. При ГКМП примерно в 35–50 % случаев развивается так называемая обструкция кровотока в выносящем тракте ЛЖ. В основе патогенеза ВСС лежат фатальные нарушения ритма, вызванные ишемией миокарда и электрической нестабильностью. ВСС чаще обусловлена фибрилляцией желудочков (62,4 %), брадиаритмиями (16,5 %), желудочковой тахикардией типа «Torsades de pointes» (12,7 %), желудочковой тахикардией (8,3 %) и асистолией. ВСС может отмечаться при любом варианте течения ГКМП, в том числе без предшествующей симптоматики (наиболее часто встречается у молодых пациентов < 35 лет, включая спортсменов). Важным критерием дифференциальной диагностики со спортивным ремоделированием миокарда является величина полости ЛЖ (конечный диастолический диаметр у спортсменов, как правило, > 54 мм, что не встречается у больных с ГКМП). Спортсмены обычно демонстрируют однородное распределение толщины стенок с абсолютной разницей 2 мм между самыми толстыми и самыми тонкими сегментами ЛЖ. Одной из наиболее устойчивых особенностей сердца спортсмена является нормальная диастолическая функция. Однако при ГКМП, как правило, регистрируется ее нарушение как следствие изменения миоцитов и интерстициального фиброза. Важным дифференциальным признаком спортивной ГМ и ГКМП является проба со снижением ФН. У спортсменов в этом случае отмечается регресс ГЛЖ. При ГКМП этого не происходит. Для спортсменов характерно увеличение размеров не только ЛЖ, но и пропорционально ЛП как выражение глобальной адаптации сердца к тренировкам. При ГКМП полость ЛЖ обычно имеет нормальный размер или даже уменьшена, а ЛП становится непропорционально увеличенным в размере [5].

Пациентам с ГКМП, независимо от возраста, пола, расовой принадлежности, наличия обструкции выходного тракта левого желудочка или наличия имплантируемого кардиовертер-дефибрилятора, не рекомендовано (противопоказано) участие в спортивных соревнованиях и упражнениях высокой интенсивности [11].

ДКМП (дилатационная кардиомиопатия) – заболевание миокарда, характеризующееся развитием дилатации (растяжения) полостей сердца с возникновением систолической дисфункции, но без увеличения толщины стенок. Для него характерно развитие прогрессирующей сердечной недостаточности, нарушений сердечного ритма и проводимости, тромбоэмболий, ВСС. Критерием заболевания считается снижение ФВ ЛЖ $< 45\%$ и размер полости ЛЖ в диастолу > 60 мм [16]. Частота ДКМП в популяции достигает 1:2500. ДКМП – генетически гетерогенное заболевание, детерминируемое более чем 20 локусами и генами, имеют место мутации тех же генов, которые определяют развитие ГКМП (а-актин, а-тропомиозин, тропонины Т и I и др.). Идиопатическая ДКМП встречается в 20–35 % всех случаев. Дилатация камер сердца у спортсмена связана с высокодинамическими нагрузками, такими как езда на велосипеде, бег на лыжах, гребля на байдарках и каноэ. Расширение ЛЖ у спортсменов следует трактовать в контексте спортивной дисциплины. Дилатация сопровождается нормальной систолической функцией ($EF > 50\%$). Кроме того, показатели диастолического наполнения и расслабления по данным доплер-ЭхоКГ и тканевой доплерографии находятся в пределах нормы. Для спортсменов со значительно увеличенными размерами ЛЖ как проявлением адаптации к ФН характерно умеренное снижение фракции выброса (ФВ) в покое. В случае незначительно сниженной ФВ (46–55 %) важным показателем будет ее рост в ответ на нагрузку, и только отсутствие значительного улучшения систолической функции при пиковой нагрузке (то есть увеличение ФВ $< 15\%$ по сравнению с базовым значением) свидетельствует о патологической дилатации. В сомнительных случаях различить физиологическую и патологическую дилатацию может помочь оценка пикового поглощения кислорода, которое у здоровых спортсменов увеличивается по отношению к общему объему сердца. МРТ сердца обеспечивает точное измерение фактических размеров, а наличие положительного отсроченного контрастирования миокарда может быть выражением его фиброза, что, в свою очередь, свидетельствует о ДКМП.

АКМП (аритмогенная кардиомиопатия) – наследственное заболевание сердечной мышцы, характеризующееся прогрессирующей фиброзно-жировой заменой миокарда ПЖ, что может служить субстратом для желудочковых аритмий и ВСС. Классическая форма АКМП – это генетически детерминированная кардиомиопатия, вызванная гетерозиготными или сложными мутациями в генах, кодирующих белки десмосом, которые представляют собой специализированные межклеточные структуры, обеспечивающие механическое прикрепление миоцитов. Мутации в генах, кодирующих десмосомные белки, играют ключевую роль в патогенезе фиброзно-жировой замены миокарда и развитии фенотипа заболевания. Гистологическое доказательство фиброзно-жировой замены миокарда желудочков с субэпикардially-срединным распределением или трансмуральным вовлечением в отсутствие обструктивных атеросклеротических бляшек в соответствующей коронарной артерии является диагностическим критерием для АКМП. Описаны варианты бивентрикулярного и левовентрикулярного поражения при этом заболевании. ЭКГ в 12 отведениях является ценным диагностическим тестом при АКМП и регистрирует нарушения реполяризации и (или) депполяризации у 90 % пациентов с АКМП. Отрицательные зубцы Т в правых отведениях являются наиболее распространенными изменениями. Низковольтные комплексы QRS ($< 0,5$ мВ) в отведениях от конечностей часто наблюдаются у пациентов с АКМП с фиброзом ЛЖ. У спортсменов современная визуализация в первую очередь опирается на данные КТ и МРТ. От 30 до 60 % спортсменов имеют размеры ПЖ, соответствующие изменениям при АКМП. Размеры ПЖ сами по себе являются недостаточными критериями, чтобы отличать физиологическую дилатацию от патологической, и должны быть связаны с региональными аномалиями движения стенки. Важными факторами являются региональная акинезия, дискинезия или аневризматическая деформация, поскольку они присутствуют более чем у половины пациентов с АКМП. Также полезны показатели глобальной дисфункции – ФВ ПЖ $< 40\%$.

Некомпактный миокард ЛЖ представляет собой кардиомиопатию, для которой характерны выраженные трабекулы миокарда и глубокие межтрабекулярные процессы. Клиническими проявлениями являются признаки сердечной недостаточности и фатальные желудочковые тахикардии. Однако в ряде случаев заболевание может протекать бессимптомно. Клинический диагноз в настоящее время зависит от данных ЭхоКГ, где выявляются некомпактность в виде высокой трабекулярности, сниженная толщина компактного слоя миокарда, снижение ФВ. Исследование > 1 тыс. спортсменов с бессимптомным течением показало, что у 18 % наблюдалось увеличение трабекул ЛЖ и только у 8 % были выявлены эхокардиографические критерии некомпактного миокарда. Одним из признаков патологической повышенной трабекулярности называют нарушение диастолической функции ЛЖ. Большинство авторов сходятся во мнении, что для спортсменов с некомпактным миокардом ЛЖ характерно наличие семейного анамнеза внезапной смерти, сниженной ФВ ЛЖ < 50 %, инверсии зубца Т на ЭКГ, блокады левой ножки пучка Гиса.

Миокардит – это воспалительное заболевание сердечной мышцы. Клиническое течение варьирует от умеренно симптомного до молниеносного заболевания. Некоторые пациенты полностью выздоравливают с устранением инфекционного и разрешением воспалительного проявлений, но у ряда пациентов возможно развитие аутоиммунных процессов с последующим развитием ДКМП. На всех этапах заболевания имеют место интерстициальный отек, некроз миокарда и фиброз. Все это представляет субстрат для электрической нестабильности миокарда. На этом фоне спортивная активность с характерной гиперкатехоламинемией может вызвать триггерную аритмию, которая способна привести к ВСС. Клиническое подозрение на развитие миокардита может возникать из указаний на любое перенесенное инфекционное заболевание. Клинические проявления могут быть незначительными, а воспалительные – повышенными. Результаты ЭКГ не являются специфическими и включают нарушения реполяризации и предсердные или желудочковые аритмии. У спор-

тсменов изолированные или сложные желудочковые аритмии во время теста с ФН могут быть одним из первых проявлений заболевания. На ЭхоКГ ЛЖ может быть расширен с тонкими стенками миокарда, напоминающими ДКМП, или не расширен с увеличенной толщиной стенки миокарда из-за отека миокарда. Глобальная систолическая функция может быть слегка снижена, и могут наблюдаться очаговые аномалии движения региональных стенок, сопутствующий выпот в перикарде. Ведущую роль в диагностике миокардитов приобрело выполнение МРТ с отсроченным контрастированием с гадолинием. Золотым стандартом диагностики миокардита является прижизненная биопсия миокарда. Однако этот метод сопряжен с рядом сложностей. Биопсия выполняется путем забора миокарда ПЖ и крайне редко из ЛЖ, поэтому вероятность взятия биоптата из пораженного участка миокарда невысока [9].

Коронарные причины. Распространенность врожденных аномалий коронарных артерий составляет от 0,21 до 5,79 %. Наибольшую опасность представляют аномалии отхождения в синусах аорты, анастомозы с легочной артерией и мышечные мостики. Нередко результаты ЭКГ-исследований в этих случаях отрицательны. Важную роль в данной ситуации играют клинические проявления в виде обморока, болей, нарушений ритма сердца. Определенную роль в визуализации устья коронарных артерий играет чреспищеводная ЭхоКГ, которая в 80–98 % позволяет уточнить наличие аномалий. При проведении коронароангиографии рекомендовано внутрисосудистое УЗИ проксимального отдела для оценки степени тяжести поражения в зависимости от количества гипоплазии и степени латеральной компрессии, рекомендуется оценка фракционного резерва кровотока. Занятия спортом являются одним из методов профилактики развития коронарного атеросклероза. Однако профессиональные спортсмены, как правило, имеют поражение коронарного русла, что связывается как с приобретенными заболеваниями, характерными для всей популяции, так и с высоким уровнем стресса во время спортивной карьеры. У спортсменов мужского пола отмечается более высокая распространенность атеросклеро-

тических изменений коронарных артерий (44,3 % против 22,2 %) по сравнению с неспортсменами, ведущими сидячий образ жизни. У спортсменов мужского пола преобладали кальцифицированные атеросклеротические бляшки (72,7 %), в то время как неспортсмены демонстрировали преимущественно морфологически смешанные, неоднородные бляшки (61,5 %). Длительность тренировок в годах была единственной независимой переменной, связанной с повышенным риском развития атеросклероза [10].

Пролапс митрального клапана (ПМК). Отмечена высокая распространенность ПМК при ВСС (11,7 %) при низкой распространенности истинного заболевания в популяции (только 1,2 %), что свидетельствует о связи ПМК и ВСС. Выявлены специфические маркеры повышенного риска ВСС у спортсменов с ПМК: инверсия Т-зубцов в нижних отведениях и удлинение интервала QT на ЭКГ, семейный анамнез ВСС, пролапс обеих створок митрального клапана, задокументированные нарушения ритма сердца, фиброзы миокарда и дисфункция ЛЖ.

Идиопатическая (недифференцированная) гипертрофия миокарда (ГМ) левого желудочка. ГМ у спортсменов – вторая по частоте причина ВСС после аутопсия-негативной смерти. У внезапно умерших спортсменов при аутопсии ГМ различной этиологии встречается чаще, чем в 40 % случаев, что в 20 раз превышает этот показатель у живых спортсменов. По данным M.N. Sheppard, ГКМП стала причиной смерти только у 11 % умерших спортсменов, а у 31 % была выявлена так называемая недифференцированная ГМ. Распространенность ГКМП у населения в целом составляет примерно 1:500 (0,2 %), но на самом деле может быть менее распространена (< 0,07 %) у спортсменов. Недифференцированная ГМ тесно связана с ВСС спортсменов и в ряде случаев является лидирующей причиной ВСС. Отмечена обратимость ГМ у спортсменов при прекращении физических перегрузок и отсутствии наследственной отягощенности по ГКМП. Выраженная ГМ под воздействием ФН развивается, как правило, у лиц мужского пола, что, возможно, и объясняет редкую частоту ВС женщин

в общей структуре смертности спортсменов. Высокая масса гипертрофированного миокарда, особенно при интенсивных тренировках, требует усиления в нем кровотока, однако коллатерали, которые могли бы обеспечить дополнительный кровоток, в силу обычно молодого возраста спортсменов недостаточно у них развиты. В итоге при высокой интенсивности нагрузки сердце испытывает недостаток кровоснабжения – гиповолемию – и, как следствие, гипоперфузию, что приводит к снижению сократительной способности и электрической нестабильности миокарда вплоть до некрозов некоронарогенного генеза, острой сердечно-сосудистой недостаточности и жизнеугрожающим нарушениям ритма сердца. Таким образом, выраженная ГМ, развивающаяся у спортсменов в ответ на физическую нагрузку, отражает нерациональный путь адаптации к гиперфункции, когда отсутствие должной дилатации и эластичности миокарда приводит к его ремоделированию – утолщению стенок ЛЖ, а выраженная интенсификация обменных процессов в нем при тяжелых ФН может способствовать возникновению гиповолемии, развитию некрозов, участков фиброза, жизнеопасных нарушений ритма, проводимости, сократимости миокарда и даже ВСС.

Интенсивная физическая нагрузка у пациентов с аортопатиями (Лоеса – Дитца, семейной аневризмой грудной аорты) и другими генетически обусловленными заболеваниями аорты может ускорить образование аневризмы и ставит под угрозу жизнь спортсмена из-за возможной диссекции или разрыва аорты. При других аортопатиях острая диссекция или разрыв аорты являются одной из самых частых причин внезапной смерти спортсменов. Поэтому данные заболевания, как правило, являются противопоказаниями для занятий спортом. Эксперты советуют с осторожностью подходить к занятиям спортом при расширении восходящей аорты выше 35 мм.

К заболеваниям, повышающим риск ВСС при занятиях спортом, относят также стеноз аортального клапана средней и тяжелой степени, особенно в сочетании с аортопатией, нарушениями ритма сердца, патологическими изменениями на ЭКГ,

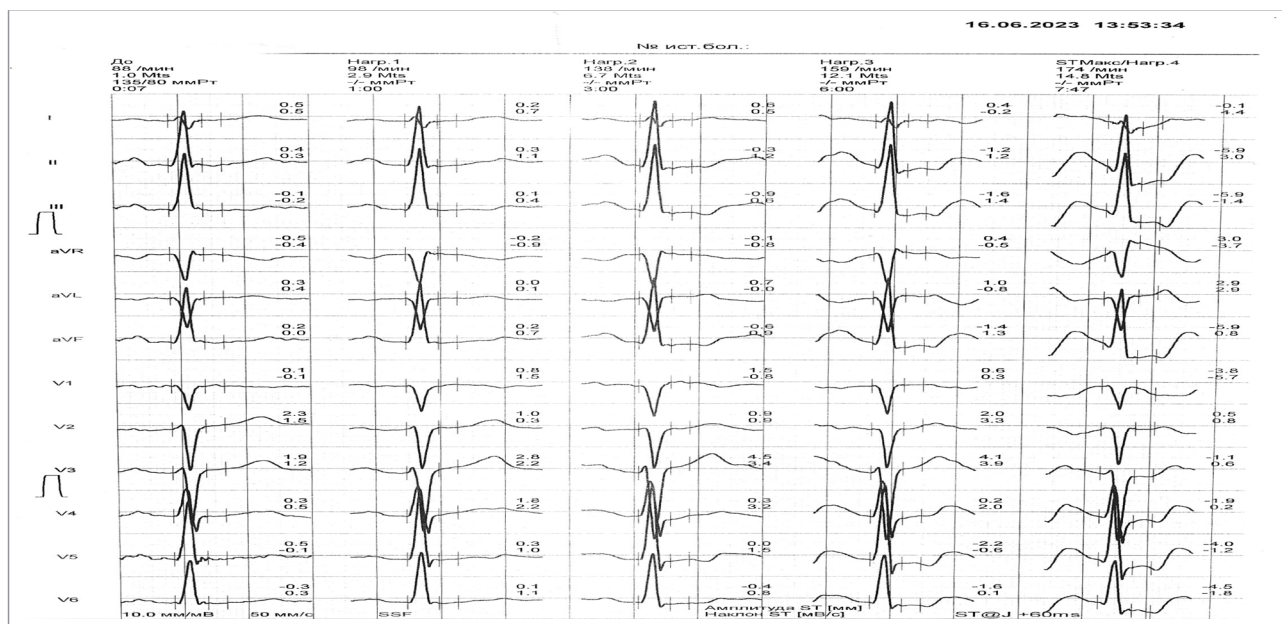


Рис. 1 - Электрокардиограмма пациента П.

нарушением толерантности к физической нагрузке и синкопальными состояниями. Аортальный стеноз является причиной внезапной смерти у 4 % спортсменов [14].

Стеноз аортального клапана (АС) чаще всего является результатом дегенеративного процесса, вызывающего прогрессирующее утолщение, кальцификацию, снижение подвижности створок с увеличением нагрузки на ЛЖ с последующей его гипертрофией и фиброзом. Фракция выброса левого желудочка обычно сохраняется. ВСС при АС у спортсменов часто связана с коронарной гипоперфузией [12].

4. Клинический пример

Пациент П., рост 187,0 см, вес 79,0 кг, 30 лет, футболист, мастер спорта, прохождение планового углубленного медицинского обследования.

Жалоб не предъявляет.

16.06.2023 г. Тредмил. Поверхность тела 2,041 мл, Макс. Mets 14,7 (10.9) METs, Макс. ЧСС 178 (171) уд/мин, АД макс. 180/90 мм рт. ст., Мин. АД x ЧСС 118 мм рт. ст. Ступенчатый непрерывно-возрастающий тест. Нарушений ритма и проводимости во время пробы и на восстановлении нет. На ЧСС 174 отмечается горизонтальная депрессия ST до 4 мм в отведениях II, III, aVF, V5–V6. На восстановлении норма. Восстановление ЧСС: на 1 мин 153 уд/мин, на 3 мин 121 уд/мин, на 5 мин 115 уд/мин. Пано на пульсе 160 уд/мин, O₂ на пано 39,3 мл/кг/мин. Пи-

ковое МПК 51,8 мл/мин/кг на 12 км/ч. Реакция АД на нагрузку: нормальная. Восстановление: замедленное по ЧСС. МАС = 12 км/ч, АЭП = 155 уд в мин. Толерантность к нагрузке высокая. Тест положительный. Причина прерывания: горизонтальная депрессия сегмента ST до 4 мм в отведениях II, III, aVF, V5–V6. (Рис. 1). Тест: положительный.

Больному рекомендовано дополнительное исследование, которое проведено 22.06.2023 г. МСКТ коронарография коронарных артерий. Внутривенное болюсное введение КП «Омпипак – 350» в объеме 80 мл со скоростью 5,0 мл/сек. Заключение: Стенозов со стороны коронарных артерий не выявлено. Выявляется слаборазвитая ПКА. КТ-признаки умеренной гипертрофии миокарда левого желудочка.

Учитывая данные нагрузочного теста (появление выраженной горизонтальной депрессии сегмента ST), выявление при МСКТ гипертрофии миокарда левого желудочка и слаборазвитой ПКА, состояние было расценено как стресс-индуцированная ишемия миокарда. Пациенту была назначена терапия кардиоцитопротекторами: Неотон 4 г внутривенно капельно, 14 процедур; в дальнейшем спортсмен получал мексикор по 200 мг 2 раза в сутки, Панангин форте по 1 таб. 2 раза в сутки в течение последующих трех месяцев.

Повторное тестирование проведено 10.01.2024 г. ВЭМ. Макс. нагрузка 340 Вт, Макс. ЧСС

Номер: **10012412**

№ ист.бол.:

Дата рожд.: 21.06.1992
 Возраст: 31 Г
 Пол: М
 Рост: 189.0 см
 Вес: 82.0 кг
 Показ:
 Мед:

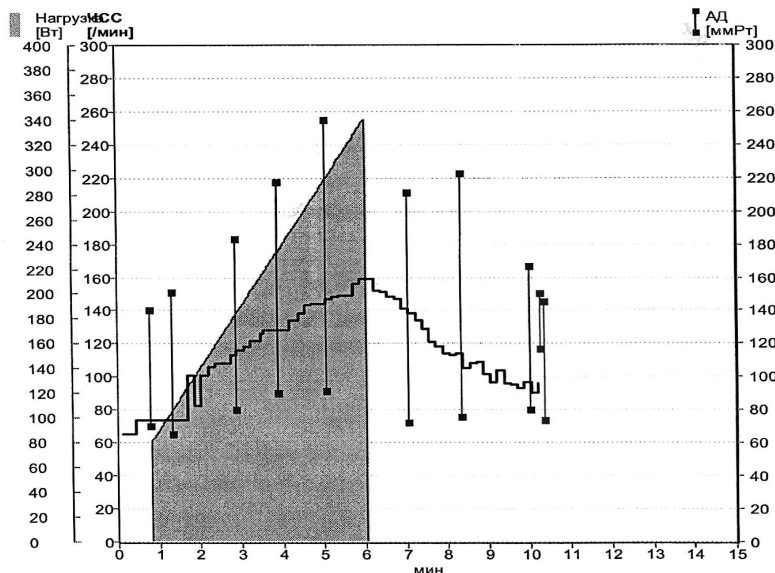
Макс нагрузка 340Вт (230) Вт (148) %
 Макс ЧСС 159 (170) /мин (94) %

АД макс 255 / 92 ммРт
 Макс. АД х ЧСС 400 ммРт / мин
 Мин. АД х ЧСС 148 ммРт / мин
 DP-фактор 2.7
 Поверхн. тела 2.090 мл
 PWC 150/170 304 / 375 Вт
 PWC отн 3.71 / 4.57 Вт/кг
 Порогов. мощность 4.1 Вт/кг

Причины прерывания
 ДОСТИГНУТЫ ЦЕЛЕВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Прим:

Протокол: 80+60
 Эрго / АД: Ergosana ERG911 / Ergosana ERG 911



Время пок. 0:48 Время работы 5:12 Время восст. 4:22 Общее время 10:22

Интерпретация

ВЭМ Непрерывно возрастающий тест "рамп". Время восстановления до пульса 120 уд/мин 90 сек. Нарушений ритма и проводимости во время пробы и на восстановлении нет. Диагностически значимых изменений ЭКГ нет. Реакция АД на нагрузку: гипертоническая по САД.

Восстановление: замедленное по САД. Толерантность к нагрузке: высокая. Тест: отрицательный. Врач ФД Каспар АИ

Рис. 2 - ВЭМ пациента П.

159 (170) уд/мин – 94 %, АД макс. 255/92 мм рт. ст. Макс. АД х ЧСС 400 мм рт.ст./мин, Мин. АД х ЧСС 148 мм рт.ст./мин, DP-фактор 2,7, Поверхность тела 2,090 мл, PWC 150/170 304/375 Вт, PWC отн. 3,71/4,57 Вт/кг, Пороговая мощность 4,1 Вт/кг. Непрерывно возрастающий тест «рамп». Время восстановления до пульса 120 уд/мин 90 сек., нарушения ритма и проводимости во время пробы и на восстановлении нет. Диагностически значимых изменений ЭКГ нет. Толерантность к нагрузке: высокая. Тест: отрицательный. Причина прерывания: достигнуты целевые значения (рис. 2).

Таким образом, учитывая низкую вероятность ИБС (молодой спортсмен без факторов риска), от-

сутствие значимого поражения коронарных артерий, нормальные уровни кардиоспецифических ферментов, диагноз ишемической болезни сердца был исключен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, создание регистра внезапной смерти в спорте, проведение комплексного медико-профилактического обследования спортсменов, построение тренировочного процесса в соответствии с функциональным резервом и врачебный контроль за ним, полноценное восстановление после тренировок, соревнований и акклиматизации, соблюдение безопасности при

организации тренировочного и соревновательного процессов (исключение риска травматизма, соответствующие санитарно-гигиенические условия – влажность, температура окружающей среды, атмосферное давление и др.), полноценная гидратация во время тренировок и соревнований, а также широкое распространение простых методов реанимации с использованием автоматического наружного дефибриллятора – основные методы профилактики внезапной сердечной смерти в спорте в Российской Федерации [5].

ВЫВОДЫ

1. В структуре летальных случаев 62 % составляет смерть, связанная со спортивной деятельностью, 37 % – не связанная со спортом (климатические факторы, интоксикация, заболевания), 1 % приходится на травмы, несовместимые с жизнью. Смерть чаще регистрируется у молодых лиц (до 35 лет), у половины из которых по результатам аутопсии патология сердечно-сосудистой системы отсутствует.

2. Синдром внезапной аритмической смерти является причиной большинства смертей в возрасте до 18 лет, тогда как кардиомиопатии увеличиваются с возрастом. 60 % спортсменов умирают во время физической нагрузки, почти 40 % умирают в покое, что требует проведения дополнительных профилактических мероприятий и наличие автоматического наружного дефибриллятора в местах проведения состязаний.

3. Дополнительными второстепенными факторами риска развития внезапной сердечной смерти у молодых лиц является: изменение амплитуды зубца Р в отведениях III, aVF, V1, V5 и V6, амплитуды зубца S во II-м и отведении aVF, жалобы на боль в грудной клетке при физической нагрузке, на перебои в работе сердца, эпизоды выраженной одышки при физической нагрузке.

4. Отмечена связь между риском развития внезапной сердечной смерти, предикторами её возникновения и генетическим полиморфизмом в генах, развитием тромбофилии, повышением артериального давления, нарушением углеводного и липидного обменов.

5. Внедрение технологий дистанционного мониторинга ЭКГ позволяют диагностировать ранние

стадии патологического процесса ССС, в динамике проводить анализ и оценку основных факторов риска внезапной сердечной смерти у практически здоровых лиц. Выявляемость скрытой патологии сердечно-сосудистой системы при скрининге достигает 10 %, при повторном исследовании – 18 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качнов В.А. Внезапная сердечная смерть у лиц молодого и среднего возраста: состояние проблемы и формирование комплексного подхода в её профилактике: Дис. ...д-ра мед. наук. – СПб, 2022. – 349 с. [Kachanov V.A. Sudden cardiac death in young and middle-aged people: the state of the problem and the formation of an integrated approach to its prevention: Dis. ...Doctor of Medical Sciences. – St. Petersburg, 2022. – 349 p. (in Russ.)].
2. Внезапная сердечная смерть у детей, подростков и молодых лиц. Под ред. Л.М. Макарова, В.Н. Коломятовой – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2021. – 472 с. [Sudden cardiac death in children, adolescents and young people. Edited by L.M. Makarov, V.N. Kolomyatova – M.: Publishing house «MEDPRAKTIKA-M», 2021. – 472 p. (in Russ.)].
3. Всероссийские клинические рекомендации по контролю над риском внезапной остановки сердца и внезапной сердечной смерти, профилактике и оказанию первой помощи / А.Ш. Ревিশвили, Н.М. Неминуший, Р.Е. Баталов [и др.] // Вестник аритмологии. – 2017. – № 89. – С. 1–104. [All-Russian clinical recommendations on the control of the risk of sudden cardiac arrest and sudden cardiac death, prevention and first aid / A.Sh. Revishvili, N.M. Neminushchy, R.E. Batalov [et al.] // Bulletin of arrhythmology. – 2017. – No. 89. – pp. 1–104 (in Russ.)].
4. Желудочковые нарушения ритма. Желудочковые тахикардии и внезапная сердечная смерть. Клинические рекомендации 2020. / Д.С. Лебедев, Е.Н. Михайлов, Н.М. Неминуший [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т. 26, № 7. – 4600. URL: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4600> (Дата обращения: 30.11.2021). DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4600 [Ventricular arrhythmias. Ventricular tachycardia and sudden cardiac death. Clinical recommendations 2020. / D.S. Lebedev, E.N. Mikhailov, N.M. Neminushchy [et al.] // Russian Journal of Cardiology. – 2021. – vol. 26, No. 7 (in Russ.)].

5. Гаврилова Е.А., Смоленский А.В., Бондарев С.А. Спортивная медицина. Национальное руководство /под ред. Б.А.Поляева/ М.: Геотар-Медиа, 2022. – С. 841–865.
6. Клиническая, морфологическая и статистическая классификация ишемической болезни сердца. Консенсус Российского кардиологического общества, Российского общества патологоанатомов и специалистов по медицинской статистике / С.А. Бойцов, О.Л. Барбараш, Д.Ш. Вайсман [и др.] – 2020. – 24 с. URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/Klass_IBS_2020.pdf (Дата обращения: 30.11.2021). [Clinical, morphological and statistical classification of coronary heart disease. Consensus of the Russian Society of Cardiology, the Russian Society of Pathologists and Specialists in medical Statistics / S.A. Boytsov, O.L. Barbarash, D.S. Weissman [et al.] – 2020. – 24 p. (in Russ.)].
7. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра. – Том 1, часть 1. – Женева: ВОЗ. – 1995. – 698 с. [International Statistical Classification of Diseases and Health-related Problems, 10th revision. – Volume 1, part 1. – Geneva: WHO. – 1995. – 698 p. (in Russ.)].
8. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра. – Том 1, часть 2. – Женева: ВОЗ. – 1995. – 633 с. [International Statistical Classification of Diseases and Health-related Problems, 10th revision. – Volume 1, part 2. – Geneva: WHO. – 1995. – 633 p. (in Russ.)].
9. Миокардиты. Клинические рекомендации 2020. – 2020. – 113 с. URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic_rekom_Miokardit.pdf (Дата обращения: 30.11.2021). [Myocarditis. Clinical recommendations 2020. – 2020. – 113 p. (in Russ.)].
10. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти (2-е издание) / Е.В. Шляхто, Г.П. Арутюнов, Ю.Н. Беленков [и др.] – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2018. – 247 с. [National recommendations for determining the risk and prevention of sudden cardiac death (2nd edition) / E.V. Shlyakhto, G.P. Arutyunov, Yu.N. Belenkov [et al.] – M.: Publishing house «MEDPRAKTIKA-M», 2018. – 247 p. (in Russ.)].
11. Гипертрофическая кардиомиопатия. Клинические рекомендации РФ 2018–2020// Российское кардиологическое общество, М.: 2020. – 320 с.
12. Шляхто Е.В. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти / Е.В. Шляхто, Г.П. Арутюнов, Ю.Н. Беленков // Архив внутренней медицины. – 2013. – № 4 (12). – С. 5–15. [Shlyakhto, E.V. National recommendations for determining the risk and prevention of sudden cardiac death / E.V. Shlyakhto, G.P. Arutyunov, Yu.N. Belenkov // Archive of Internal Medicine. – 2013. – № 4 (12). – Pp. 5–15 (in Russ.)].
13. Эпидемиология внезапной сердечной смерти: что мы знаем сегодня? / С.А. Бойцов, Р.М. Линчак, А.М. Недбайкин [и др.] // Клиническая практика. – 2014. – № 4 (20). – С. 13–18. [Epidemiology of sudden cardiac death: what do we know today? / S.A. Boytsov, R.M. Linchak, A.M. Nedbaykin [et al.] // Clinical practice. – 2014. – № 4 (20). – Pp. 13–18. (in Russ.)].
14. Bonow R.O., Nishimura R.A., Thompson P.D., Udelson J.E. On behalf of the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of the Council on Clinical Cardiology. Council on Cardiovascular Disease in the Young. Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. Council on Functional Genomics and Translational Biology, and the American College of Cardiology. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 5: Valvular heart disease: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology // J Am Coll Cardiol, 2015. № 66. P. 2385–2392.
15. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. The task force for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death of the European society of cardiology / S.G. Priori, C. BlomstromLundqvist, A. Mazzanti [et al.] // – Eur. Heart J. – 2015. – Vol. 36 (41). – P. 2793–2867. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv316.
16. Brosnan M. et al. The Seattle Criteria increase the specificity of pre-participation ECG screening among elite athletes // Br. J. Sports Med. 2014. Vol. 48, N 15. P. 1144–1150.
17. Autopsy examination in sudden cardiac death: a current perspective on behalf of the Association for European Cardiovascular Pathology / J. Banner, C. Basso, Z. Tolkien [et al.] // Virchows Arch. – 2021. – Vol. 478, № 4. – P. 687–693. DOI: 10.1007/s00428-020-02949-8.

18. Fourth universal definition of myocardial infarction 2018 / K. Thygesen, J.S. Alpert, A.S. Jaffe [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. – 2018. – Vol. 72, Iss. 18. – P. 2231–2264. 00:1–33. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.1038.
19. Sports-related sudden cardiac deaths in the young population of Switzerland / B. Asatryan, C. Vital, C. Kellerhals [et al.] // PLoS One. – 2017. – Vol. 12 – e0174434. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0174434> (Дата обращения: 30.11.2021). DOI: 10.1371/journal.pone.0174434.
20. Finocchiaro G., Papadakis M., Etiology of Sudden Death in Sports: Insights From a United Kingdom Regional Registry. J Am Coll Cardiol. – 2016. – May 10;67(18). – P. 2108–2115. doi: 10.1016/j.jacc.2016.02.062.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Спасский А.А. – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анестезиологии и реанимации с курсом медицинской реабилитации медицинского института РУДН «Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский институт дружбы народов имени Патриса Лумумбы», профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ПФ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России. *Петрова М.В.* – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой анестезиологии и реанимации с курсом медицинской реабилитации медицинского института РУДН «Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский институт дружбы народов имени Патриса Лумумбы». *Поляев Б.А.* – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ПФ Федерального государственного авто-

номного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России. *Михайлов А.А.* – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анестезиологии и реанимации с курсом медицинской реабилитации медицинского института РУДН «Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский институт дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Работа выполнена на кафедрах: анестезиологии и реанимации с курсом медицинской реабилитации медицинского института РУДН «Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский институт дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, тел: +7 (499) 936 87 87.

Кафедра Реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ПФ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский университет имени Н.И. Пирогова», 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 2, тел.: +7 (495) 434 57 92.

Ответственный за связь с редакцией: Михайлов Алексей Александрович, amihaylov1960@yandex.ru.

The work was performed at the Department of Anesthesiology and Intensive Care with a course of medical rehabilitation at the RUDN Medical Institute «Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Patrice Lumumba Peoples' Friendship Institute of Russia», 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6, tel: +7 (499) 936 87 87.

Responsible for communication with the editorial office: Alexey Alexandrovich Mikhailov, amihaylov1960@yandex.ru

Источников финансирования не было. Конфликта интересов нет.

ИММУНОГЛОБУЛИН А: АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ АСПЕКТОВ ПРОБЛЕМАТИКИ В СПОРТЕ

УДК 613.72:769.071.2:612.017.1.766.1:577.175

С.П. Алпатов^{1,2}, Н.М. Буянова², П.В. Ефимов²,
А.Г. Кочетов², А.В. Зоренко¹, С.А. Парастаев^{1,2}¹ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации»
Федерального медико-биологического агентства (Москва)²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский университет им. Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва)

РЕЗЮМЕ

На основании проведенного анализа опубликованных данных представлена актуальная информация о структуре и функциях различных форм существования иммуноглобулинов в целом и иммуноглобулина А в частности, в том числе об их основных функциях в реализации иммунного ответа, о системных и локальных (тканевых) механизмах иммунологической резистентности, об особенностях продукции антител различных классов в условиях воздействия физических нагрузок различной направленности и интенсивности. Приведены сведения об изменениях направленности реализуемых в последние годы исследований в сфере изучения иммунной системы в контингенте профессиональных спортсменов, а также по аккумулируемым эпидемиологическим данным о заболеваемости респираторными инфекциями среди спортсменов, продемонстрирована смена приоритетов исследователей в отношении феномена «открытого окна». Рассмотрены данные об изменениях содержания различных форм иммуноглобулина А (секреторной и сывороточной) в ответ на предъявляемые тренировочные стимулы; выделены наиболее значимые (прежде всего, методические) причины разноречивости опубликованных ранее данных, охарактеризованы пути ее преодоления.

Ключевые слова: иммунная система, спорт высоких достижений, иммуноглобулин класса А.

IMMUNOGLOBULIN A: ACTUALIZATION OF MEDICAL ASPECTS OF THE PROBLEM IN SPORTS

S.P. Alpatov^{1,2}, P.V. Efimov², A.G. Kochetov², A.V. Zorenko¹, S.A. Parastayev^{1,2}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)

SUMMARY

On the basis of the analysis of published data, actual information about the structure and functions of various forms of immunoglobulins in general and immunoglobulin A in particular, including their main functions in the realization of immune response, about systemic and local (tissue) mechanisms of immunological resistance, about the peculiarities of production of antibodies of different classes under the influence of physical loads of different orientation and intensity is presented. The data on changes in the orientation of the researches realized in last years in the sphere of studying the immune system in the contingent of professional sportsmen are presented, the change of priorities of researchers in relation to the phenomenon of "open window" and also on the accumulated epidemiological data on the morbidity of respiratory infections in sportsmen is demonstrated. The data on changes in the content of various forms of immunoglobulin A (secretory and serum) in response to training stimuli are considered; the most significant (primarily methodological) reasons for the variability of previously published data are highlighted, and the ways to overcome it are characterized.

Key words: the immune system, high-performance sports, immunoglobulin A.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение влияния экстремальных факторов, свойственных спорту высоких достижений (избыточных физических нагрузок, психоэмоционального напряжения, неблагоприятных климатогеографических условий, нерационального питания), на иммунную систему (ИС) и ее отдельные компоненты не первое десятилетие остается одной из приоритетных задач спортивной медицины. Одним из таких параметров является иммуноглобулин класса А (IgA), во многом определяющий эффективность местной (тканевой) защиты, а его селективный дефицит – наиболее распространенным вариантом иммунной недостаточности [1].

Общие сведения об иммуноглобулинах

Имуноглобулины (Ig) – крупные глобулярные белки, продуцируемые плазматическими клетками иммунной системы.

Ig подразделяются на 5 классов – А, D, Е, G и M. Молекула каждого из них состоит из двух иден-

тичных тяжелых (H) и двух идентичных легких (L) цепей, которые соединены между собой дисульфидными связями; тяжелые (H-цепи) представлены пятью типами: альфа (α), дельта (δ), эpsilon (ε), гамма (γ) и мю (μ), а легкие (L-цепи) – двумя: каппа (κ) и лямбда (λ). Соответственно, принадлежность к классу Ig определяют именно тяжелые цепи.

В цепях молекулы Ig различают константные/концевые/кристаллизующиеся (Fc) и переменные/антигенсвязывающие (Fab – от англ.: antibody) фрагменты; область, в которой соединяются Fab- и Fc-фрагменты молекул Ig, называется шарнирной. Биологически активные участки цепей Ig получили название доменов: в C-фрагменте различают C₁, CH₁, CH₂, CH₃ домены, в V-фрагменте – VH и VL домены (рис. 1). Переменные домены тяжелой (VH) и легкой (VL) цепей Ig формируют активный центр молекулы, придавая ей функционал антител; часть активного центра, непосредственно соединяющаяся с детерминантой антигена (эпитопом), называется паратопом [2].

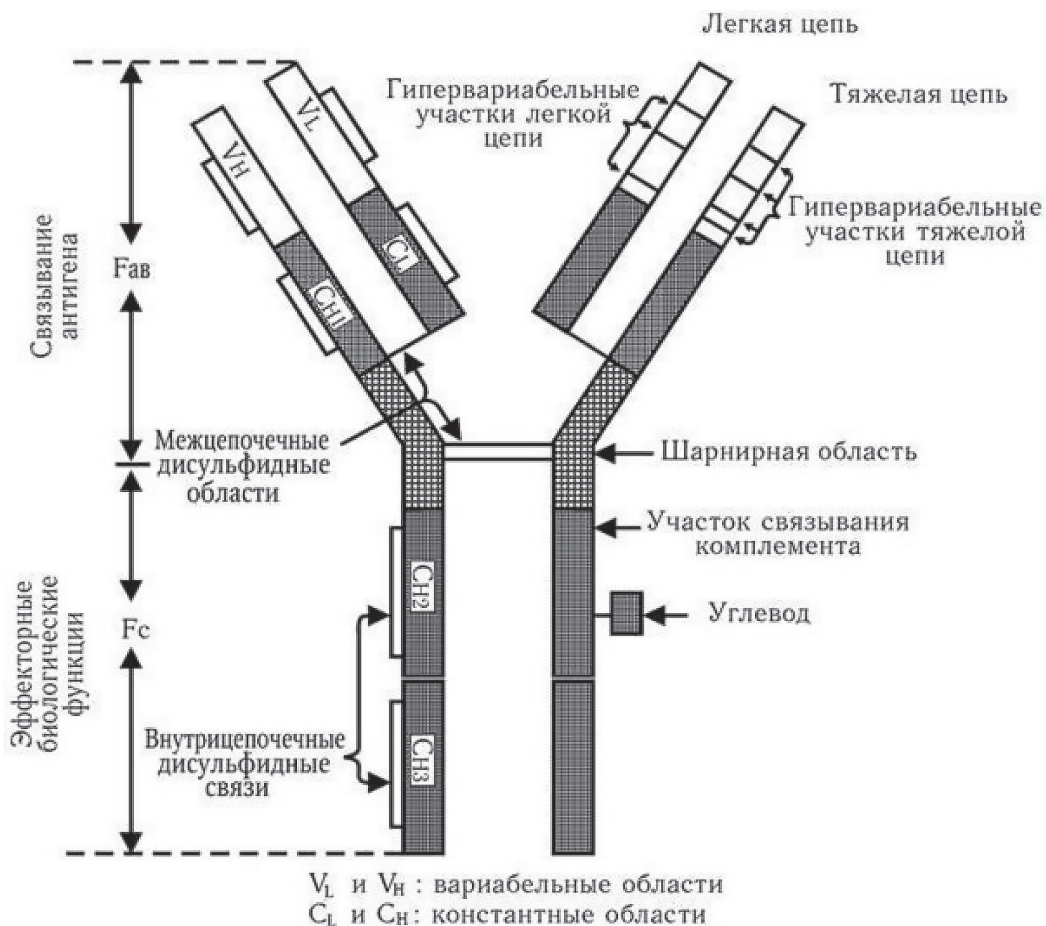


Рис. 1 – Строение мономера иммуноглобулинов (приведено по [2])

Механизмы действия Ig, реализующие основные функции антител:

- 1) блокада активных центров микробных токсинов (токсиннейтрализующий эффект), нейтрализация биологических ядов;
- 2) Образование комплекса антиген-антитело, который активирует комплемент с последующим лизисом клетки (комплемент-зависимый литический эффект);
- 3) Опсонизация объектов фагоцитоза (усиление фагоцитоза);
- 4) Стимуляция киллерного эффекта цитотоксических лимфоцитов и естественных киллеров через Fc-рецепторы (антителозависимая клеточная цитотоксичность – АЗКЦ);
- 5) Медленная ферментативная активность (абзимная активность), присущая некоторым АТ, что обеспечивает их способность к гидролизации ряда субстратов (нуклеиновых кислот, белков) [3].

Формы иммуноглобулина А

Иммуноглобулин А (IgA), представленный как моно-, так и полимерными структурами (ди-, три- и изредка тетрамерными), существует в сывороточной или секреторной формах и в значительной мере обеспечивает местную тканевую защиту от инфекций слизистых респираторного, пищеварительного и урогенитального трактов [4]. При этом преобладающее количество IgA существует в сывороточной форме – до 10–15 % общего количества всех иммуноглобулинов [5].

Мономер IgA имеет типичное для антител строение и состоит из двух тяжёлых и двух лёгких цепей. У человека он присутствует в виде двух подклассов – IgA1 и IgA2, содержащих, соответственно, тяжёлые цепи $\alpha 1$ и $\alpha 2$; IgA1 превалирует в крови, а IgA2 – в секретах. Соотношение клеток, секретирующих IgA1 и IgA2, определяется типом лимфоидных тканей [6].

Секреторный IgA, существуя в виде ди- или тримеров, в целом может рассматриваться как 4- или 6-валентный; синтезируется он зрелыми В-лимфоцитами соответствующей специализации (плазматическими клетками) исключительно в пределах слизистых. Продукция секреторного IgA может достигать 5 г в сутки; это наиболее объемный пул Ig –

его количество превышает суммарное содержание IgM и IgG. Превалирование в секретах IgA2 обусловлено тем, что ферменты ряда бактерий, таких как *Streptococcus sanguinis*, *Neisseria meningitidis* и *Neisseria gonorrhoeae*, способны расщеплять IgA1 и не действуют на IgA2; выдвинуто предположение, что в ходе эволюции IgA2 появился как вариант, устойчивый к бактериальному протеолизу [7].

Молекула секреторного IgA, помимо тяжёлых и лёгких цепей, может также содержать J- и S-пептиды: J-компонент обеспечивает возможность полимеризации, а S- – экспрессируется на поверхности эпителиальной клетки и подвергается эндоцитозу с последующим перемещением по цитоплазме в ее апикальную часть, где подвергается воздействию протеолитических ферментов, благодаря чему приобретает способность высвобождаться в секреты субэпителиального пространства. Секреторный IgA не активирует комплемент, но эффективно связывается с антигенами и нейтрализует их. Он препятствует адгезии микробов на эпителиальных клетках и генерализации инфекции в пределах слизистых [7].

В сыворотке крови секреторная форма IgA не обнаруживается [7].

Сывороточный IgA, в отличие от секреторного, существует только в мономерной форме; синтезируется данная форма иммуноглобулина зрелыми В-лимфоцитами в костном мозге. Согласно применяемым референтным интервалам, концентрация сывороточного IgA варьируется в диапазоне либо от 0,9 до 4,5 г/л, либо от 0,7 до 4,0; приведенные различия могут определяться методологическими характеристиками способа детекции (типом аналитической реакции, лежащей в основе теста и, соответственно, используемым лабораторным оборудованием и реагентами).

Каждая молекула сывороточного IgA имеет по 2 антигенсвязывающих центра, но к проявлению активности способен лишь один из них; следовательно, образующиеся антитела данного класса Ig являются неполными. Молекулы как сывороточного, так и секреторного IgA осуществляют АЗКЦ, но разнятся с последними своей способностью к активации системы комплемента по альтернативному пути. Сывороточный IgA не проходит через плацентарный барьер [8].

Функции секреторного и сывороточного IgA

В литературе, посвященной изучению биологической роли IgA, долгое время преобладали описания результатов исследований, ориентированных на характеристику его секреторной формы. В целом функции IgA могут быть сведены, с одной стороны, к предотвращению инфицирования патогенными бактериями при их инвазии в слизистые, а с другой – к сохранению физиологических симбиотических отношений с комменсальными микроорганизмами [9].

При этом обращает на себя внимание вариативность значений концентраций молекул секреторного IgA в различных секретах [10]. Так, по данным Т.И. Сашкиной и соавт., его содержание в слюне волонтеров варьировалось в достаточно широких пределах и не коррелировало с концентрацией сывороточного IgA, что позволило исследователям прийти к заключению о нецелесообразности использования нормативных показателей в оценке уровня иммунной защиты полости рта по содержанию секреторных молекул [11]. Сходные взгляды были обобщены в обзоре John P. Campbell и James E. Turner [12], которые связали разнонаправленные сдвиги значений IgA слюны с возможными влияниями циркадных ритмов, а также с преобладанием пара- или симпатической импульсации и, соответственно, со стресс-реакцией; выраженность колебаний может быть обусловлена и сдвигами в здоровье ротовой полости, половыми и этническими влияниями, особенностями рационов.

Описанные функции секреторного IgA, слабо опосредующего воспалительные реакции, вероятно, повлияли и на восприятие сывороточного IgA как нейтрализующего антитела с низкой способностью к опсонизации и активации комплемента. Данная позиция получила определенное подтверждение в ранних исследованиях, которыми была продемонстрирована способность сывороточного IgA подавлять фагоцитарную активность полиморфноядерных лейкоцитов [13, 14], а также снижать уровни про- и, напротив, повышать активность противовоспалительных цитокинов, высвобождаемых мононуклеарными клетками периферической крови [15]. Было установлено, что противовоспалительные эффекты опосредуются мономерным

связыванием сывороточного IgA с поверхностным Fcα-рецептором (FcαRI) клеток миелоидного ряда (моноцитов, макрофагов, дендритных и Купферовских клеток, нейтрофилов, эозинофилов).

Однако в более поздних исследованиях удалось доказать, что связывание комплекса IgA-антиген с FcαRI клеток иммунной системы способно генерировать активирующие сигналы, усиливающие фагоцитоз, антителозависимую цитотоксичность, и иные провоспалительные феномены [16]. В итоге было высказано предположение, что ингибирующие сигналы возникают в физиологических условиях, при низких титрах IgA; в условиях же массивного проникновения инфекционных агентов и связывания их значительными количествами IgA и FcαRI происходит активация эффекторных клеточных функций. Данной гипотезой могут быть объяснены результаты Marioline van Egmond и соавт.: опсонизация бактериальных агентов мономерами сывороточного IgA способствует элиминации патогена клетками Купфера и разрешению инфекции [17].

Было также обнаружено, что сывороточный IgA взаимодействует и с рядом иных, помимо FcαRI, рецепторов иммунокомпетентных клеток – азалогликопротеина (ASGP-R), трансферрина (CD71), а также с Fcα/μ-рецепторами и рецепторами M-клеток; эти взаимодействия происходят посредством связывания Fc-области, углеводных цепей и J-цепи, однако биологическая значимость указанных процессов раскрыта далеко не полностью [18–20].

Надо отметить, что сывороточный IgA способен к взаимодействию и с другими, как клеточными, так и неклеточными, элементами крови. С-концевой цистеиновый остаток IgA содержит реакционно-способную тиоловую группу, которая обеспечивает ковалентное связывание с белками сыворотки – альбумином, α1-антитрипсином, HC-белком (гетерогенно заряженным низкомолекулярным гликопротеином) и фибронектином; соединение IgA–α1-антитрипсин ингибирует эластазу лейкоцитов, а комплекс IgA–HC подавляет направленный хемотаксис нейтрофилов, что подтверждает возможность противовоспалительных влияний комплексов IgA. Надо отметить, что упомянутая тиоловая группа дает IgA (в обеих формах его существования)

возможность вступать во взаимодействия не только путем образования ковалентных (с формированием иммунных комплексов), но и нековалентных связей; при этом образующиеся соединения также могут быть функционально значимыми [21].

Недостаточно разработанными представляются механизмы Fc α RI-опосредованных ингибирующих эффектов. В частности, было постулировано, что степень и стабильность олигомеризации определяют продолжительность сигналов и эффективность механизмов их контроля (активация или инактивация) [22]. В контексте данной проблематики весьма принципиальным является вопрос о том, влияет ли изменение уровня сывороточного IgA на порог активации врожденных иммунных клеток и на их чувствительность к патогенам; распознавание последних посредством врожденных рецепторов (например, Toll-подобны – TLRs) индуцирует экспрессию комбинации цитокинов иммунными клетками. Следовательно, сывороточный IgA благодаря своей способности ингибировать ряд рецепторов играет существенную роль в возмущении цитокиновой сети, имеющей решающее значение для формирования иммунных реакций [23].

Еще менее изученными остаются вопросы о различиях содержании IgA в различных тканях, о физиологических факторах, определяющих локальные различия, об особенностях функционирования тканевых иммунных клеток и их микроокружения в условиях заражения патогеном и развития адаптивного иммунного ответа. Ключевую роль в формировании последнего в отношении патогенных агентов играют дендритные клетки и макрофаги моноцитарного происхождения, а комбинации цитокинов, выделяемых этими клетками, определяют тип индуцированного ответа [24]. Так, интерлейкин-12, высвобождаемый дендритными клетками и макрофагами, важен для направления активации наивных CD4-T-клеток в сторону подтипа T-хелперов Th1 вместо подтипа Th2 [25].

Изменения иммуноглобулина А у спортсменов

Концепция, доминирующая в профессиональной среде специалистов в сфере медико-биологического обеспечения спорта, постулирует, что умеренная физическая активность усиливает им-

мунную защиту, в то время как изнурительные нагрузки приводят к транзиторной иммуносупрессии (спортивному иммунодефициту), клиническим проявлением которой является повышенная заболеваемость респираторными инфекциями – феномен «открытого окна»: риск заболеть в спортивном контингенте (особенно накануне и во время состязаний) выше, чем в общей популяции, на 10–30 % [26–28].

В целом данная позиция в определенной мере подтверждается результатами значительного количества отечественных и зарубежных исследований [29].

Однако упомянутую концепцию уже проблематично рассматривать как универсальную – в нее не полностью вписываются атлеты международного уровня, у которых инцидентность инфекций верхних дыхательных путей (ИВДП) при интенсификации тренировочной и соревновательной деятельности не растет. Эпидемическую ситуацию, свойственную этой когорте, в наибольшей степени отражает так называемая S-образная кривая (с выходом значений заболеваемости на плато); при этом контингенту спортсменов национального уровня в большей степени соответствует кривая «J» (с экспоненциальным ростом) [30].

Более того, в уже упоминавшемся обзоре John P. Campbell и James E. Turner [12] зафиксировано существенное изменение вектора проблематики – наибольший интерес стали вызывать совершенно иные вопросы:

- 1) Каково влияние однократного сета интенсивных нагрузок?
- 2) Не являются ли индуцированные избыточными нагрузками изменения параметров иммунного ответа следствием перераспределения гуморальных и клеточных факторов иммунитета?
- 3) Не свидетельствуют ли эти изменения об активации местных (тканевых) механизмов защиты?
- 4) Адекватно ли исследователи трактуют результаты эпидемиологических исследований?
- 5) Достаточны ли эти данные для подтверждения феномена «открытого окна», т.е. действительно ли спортсменам свойственна более высокая заболеваемость вирусными респираторными инфекциями?

б) Какова выраженность иммунных реакций на применение вакцин у лиц с высокой двигательной активностью?

Что касается влияния физических нагрузок (как однократных, так и систематических) на эффективность вакцинации, то продемонстрирована возможность усиления иммунного ответа, особенно в случаях низкой иммуногенности используемых вакцин [31].

С учетом изложенных сведений по общим тенденциям развития спортивной иммунологии анализ информации по IgA представляется весьма своевременным.

Секреторный IgA представляет собой основной класс антител и в силу своей специфики является первой линией защиты от вредоносных факторов окружающей среды, что актуализирует его исследования в спорте. Исследованиям же сывороточной формы уделялось несопоставимо меньшее внимание, что послужило основанием для выдвижения интересных, но не всегда обоснованных гипотез; так, весьма перспективным является предположение о выполнении сывороточным IgA вспомогательной функции при нейтрализации возбудителей, преодолевших слизистый барьер, а также в активации макрофагов [32, 33].

Как уже было отмечено, секреция IgA в слюну стимулируется различными факторами и в том числе воздействием физических и/или психологических стрессоров; ее количество и состав зависят от активности симпатического и парасимпатического звеньев вегетативной нервной системы, активация которых интенсивной мышечной деятельностью может подавить секреторную функцию [34]. Следует также учитывать, что продукция слюны подавляется при нарастании выраженности сдвигов водно-солевого баланса вследствие активного потоотделения, и это может исказить информацию о составе секрета.

Что касается профиля вероятных влияний физических нагрузок различной направленности, объема и интенсивности, то продолжительные сессии упражнений индуцируют значительное падение концентрации секреторного IgA в слюне [35-39], в то время как в ответ на кратковременные сеты в слюне происходит повышение его уровня

[40, 41]. В итоге было выдвинуто предположение, что оценка содержания IgA в слюне может обладать прогностической ценностью в отношении возможности развития ИВДП: снижение можно рассматривать как фактор риска, а повышение, в свою очередь, может способствовать снижению предрасположенности к респираторным инфекциям [42].

Несмотря на неоднократно предпринимаемые попытки подтвердить правомерность выдвинутой гипотезы, сделать это так и не удалось. С одной стороны, Nieman et al. показали, что преодоление марафонской дистанции сопровождается снижением секреции IgA в среднем на 10 % и, что особенно важно, в течение следующих за забегом двух недель у 25 % участников диагностируется ИВДП [43]; в систематический обзор Markel Rico-González и соавт. [44] были включены и другие исследования, авторы которых пришли к сходным выводам. С другой стороны, в весьма убедительных публикациях констатируется отсутствие сколь-либо значимых влияний продолжительных нагрузок различной направленности на интенсивность секреции IgA и на заболеваемость респираторными инфекциями [45, 46]; надо отметить, что дизайн отдельных исследований предполагал сроки наблюдения до 50 недель [47].

Выявлению причин упомянутой разноречивости опубликованных мнений о прогностической значимости IgA в отношении ИВДП было посвящено исследование Scarlett E.G. Turner и соавт. [48]. Авторский коллектив пришел к заключению, что для обеспечения более высокого уровня доказательности необходимо прежде всего стандартизировать процесс забора образцов слюны, а также минимизировать влияние потенциально искажающих факторов; к ним авторы отнесли отсутствие анамнестических сведений (о спортивной квалификации, предшествующей тренировочной сессии) и подробного описания нутритивного статуса; препятствовать корректной интерпретации данных может также пренебрежение информацией о технических характеристиках используемых тест-систем, различиях в инструментальном и лабораторном обеспечении диагностического поиска, в том числе при верификации инфекционной

природы клинических проявлений патологии дыхательной системы.

В то же время повысить значимость информации об уровне секреторного IgA можно и иными путями, например, за счет дополнительного учета данных о выраженности цитокиновой реакции на физическую нагрузку; дисбаланс субстанций, обладающих про- и противовоспалительными эффектами, может усугубить выраженность локального воспаления и повысить риск инфицирования [49].

Иным, более приемлемым для практических нужд, приемом повышения точности вероятностной оценки рисков развития ИВДП является сопоставление данных о содержании секреторного или сывороточного IgA или определение в динамике только последнего. В качестве вероятного, но, скорее всего, недостаточно убедительного, обоснования большей информативности именно сывороточной формы IgA можно использовать уже упоминавшиеся в обзоре сведения о большей стабильности ее концентрации, которая в существенно меньшей степени подвержена влияниям вегетативной нервной системы, колебаниям циркадного и гормонального фона. К сожалению, широкомасштабные исследования о влиянии экстремальных нагрузок различной направленности на уровень сывороточного IgA в современной отечественной и зарубежной литературе практически не представлены; чаще авторы приводят данные, полученные в малых выборках, что затрудняет интерпретацию результатов и их обобщение, т.е. ситуация во многом схожая с той, которая была описана для секреторной формы (отсутствие необходимой анамнестической информации, недостаточный учет специфики вида спорта, характеристик текущих нагрузок).

В целом мнения авторов совпадают лишь в описании общей тенденции – уровни сывороточного IgA под влиянием физических нагрузок, избыточных как по объему, так и по интенсивности, снижаются. Так, Keyvan Hejazi и Seyyed-Reza Attarzadeh Hosseini [50] наблюдали снижение уровня сывороточного IgA у бегунов в течение соревновательного периода на 5,75 % (среднее значение – 162,4 мг/дЛ); при этом авторы отметили, что снижение содержания IgM и IgG в сыворотке более свойствен-

но подготовительному периоду. Павел С. Назар и соавт, [51] отметили снижение (в среднем на 21 %) уровня сывороточного IgA непосредственно после интенсивных нагрузок специального этапа осенне-зимнего подготовительного периода, в целом же значения изучаемого показателя являются стабильными.

Весьма интересные данные были опубликованы Рафаилем С. Рахмановым и Еленой С. Богомоловой [52], которые провели сравнительную оценку динамики сывороточной формы IgA у представителей академической гребли и хоккея с шайбой. У гребцов тяжелые нагрузки увеличивали среднее значение показателя в 1,3–1,5 раза, при этом медианы и интервалы Q25–Q75 оставались в нижней зоне нормы – у 34,9 % обследованных индивидуальные значения IgA после тяжелых нагрузок снижались; у хоккеистов медианы и интервалы Q25–Q75 находились в верхнем диапазоне. В обеих группах в динамике годичного цикла отмечалась тенденция к снижению значений сывороточного IgA, т.е. нарастала тенденция к преобладанию пуле иммуноглобулинов доли IgG. К сожалению, дизайн данного исследования не лишен определенных методических недочетов: не учтены межгрупповые различия по возрасту и спортивной квалификации, продолжительности периода наблюдения, что порождает некоторые вопросы о корректности интерпретаций.

Таким образом, на данный момент в среде профессионального сообщества специалистов по медико-биологическому обеспечению спорта не достигнуто согласия в оценке физиологической роли обеих форм иммуноглобулина A, а также по уровню его значимости в прогнозе вероятности возникновения респираторных инфекций у спортсменов в преддверии и в ходе проведения наиболее ответственных соревнований. Однако экспертным сообществом предлагаются обоснованные пути к преодолению текущих проблем преимущественно методического плана, прежде всего это проведение качественных проспективных исследований, адекватных по своей организации и методологическому насыщению специфике спорта высших достижений и, даже в большей степени, процессу подготовки спортивного резерва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко Г. И., Кишкун А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2000. 533 с.
2. Коротяев А.И., Бабичев С.А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология: учебник для мед. вузов. – СПб.: СпецЛит, 2008. – 4-е изд., испр. и доп. 767 с., ISBN 978-5-299-00369-7.
3. Генералов И.И., Новиков Д.К., Железняк Н.В. Основы иммунологии. Витебск, ВГМУ, 2020. 219 с.
4. Решетникова Л.К. Иммунология: учеб. пособие. – Благовещенск, 2019. 176 с.
5. Macpherson A. J., Slack E. The functional interactions of commensal bacteria with intestinal secretory IgA. // *Current Opinion In Gastroenterology*. – 2007. November (vol. 23, no. 6). – P. 673-678. doi:10.1097/MOG.0b013e3282f0d012.
6. Brandtzaeg P., Pabst R. Let's go mucosal: communication on slippery ground. // *Trends In Immunology*. – 2004. November (vol. 25, no. 11). – P. 570–577. doi:10.1016/j.it.2004.09.005.
7. Галактионов В.Г. Иммунология: Учебник. – М.: Изд-во МГУ. 1998. 480 с. ISBN 5-211-03717-0.
8. Mestecky J, Russell MW, Jackson S, Brown TA. The human IgA system: a reassessment // *Clin Immunol Immunopathol* – 1986, Jul;40(1):105–14. doi: 10.1016/0090-1229(86)90073-5.
9. Leong K.W., Panda S., and Ding J.L. Elucidating the role of serum IgA. // *Undergraduate Research Opportunities Report, National University of Singapore*. 2014.
10. Russell M.W., Moldoveanu Z., Ogra P.L., Mestecky J. Mucosal immunity in COVID-19: A neglected but critical aspect of SARS-CoV-2 infection. // *Front. Immunol*. 2020; 11: 611337. DOI: 10.3389/fimmu.2020.611337.
11. Зайченко О.В., Маркина М.Л., Салдусова И.В., Соколова С.И., Фасхутдинов Д.К. Нормативные показатели поступления секреторного иммуноглобулина в ротовую полость. // *Dental Forum*, 2013; 2(48):14–16.
12. Campbell J.P., Turner J.E. Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan. // *Front Immunol*. 2018. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00648>.
13. Wilton J.M. Suppression by IgA of IgG-mediated phagocytosis by human polymorphonuclear leucocytes // *Clin Exp Immunol* 1978; 34, 423–428.
14. Nikolova E.B., and Russell M.W. (1995). Dual function of human IgA antibodies: inhibition of phagocytosis in circulating neutrophils and enhancement of responses in IL-8-stimulated cells // *J Leukoc Biol* 57, 875–882.
15. Olas K., Butterweck H., Teschner W., Schwarz H.P., and Reipert B. (2005). Immunomodulatory properties of human serum immunoglobulin A: anti-inflammatory and pro-inflammatory activities in human monocytes and peripheral blood mononuclear cells // *Clin Exp Immunol* 140, 478–490.
16. Monteiro R. (2010). Role of IgA and IgA Fc Receptors in Inflammation // *J Clin Immunol* 30, 1–9.
17. van Egmond M., van Garderen E., van Spriel A.B., Damen C.A., van Amersfoort E.S., van Zandbergen G., et al. (2000). FcαRI-positive liver Kupffer cells: reappraisal of the function of immunoglobulin A in immunity // *Nat Med* 6, 680–685.
18. Moura I.C., Centelles M.N., Arcos-Fajardo M., Malheiros D.M., Collawn J.F., Cooper M.D., et al. (2001). Identification of the transferrin receptor as a novel immunoglobulin (Ig)A1 receptor and its enhanced expression on mesangial cells in IgA nephropathy // *J Exp Med* 194, 417–425.
19. Mantis N.J., Cheung M.C., Chintalacharuvu K.R., Rey J., Cortesy B., and Neutra M.R. (2002). Selective adherence of IgA to murine Peyer's patch M cells: evidence for a novel IgA receptor // *J Immunol* 169, 1844–1851.
20. Bakema J.E., and van Egmond M. (2011). The human immunoglobulin A Fc receptor FcαRI: a multifaceted regulator of mucosal immunity // *Mucosal Immunol* 4, 612–624.
21. Kerr M.A. (1990). The structure and function of human IgA // *Biochem J* 271, 285–296.
22. Blank U., Launay P., Benhamou M., and Monteiro R.C. (2009). Inhibitory ITAMs as novel regulators of immunity // *Immunol Rev* 232, 59–71.
23. Monteiro R. (2010). Role of IgA and IgA Fc Receptors in Inflammation // *J Clin Immunol* 30, 1–9.
24. Fearon D.T., and Locksley R.M. (1996). The instructive role of innate immunity in the acquired immune response // *Science* 272, 50–53.
25. Hsieh C.S., Macatonia S.E., Tripp C.S., Wolf S.F., O'Garra A., and Murphy K.M. (1993). Development of TH1 CD4+ T cells through IL-12 produced by Listeria-induced macrophages // *Science* 260, 547–549.
26. Page C.L., Diehl J.J. Upper Respiratory Tract Infections in Athletes // *Clin Sports Med*. 2007; 26(3):345-359. doi: 10.1016/j.csm.2007.04.001.

27. Colbey C., Cox A.J., Pyne D.P., Zhang P., Cripps A.W., West N.P. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes // *Sports Med.* 2018; 48(Suppl 1):65-77. Published online 2018 Jan 24. doi: 10.1007/s40279-017-0846-4.
28. Walsh N.P. Nutrition and Athlete Immune Health: New Perspectives on an Old Paradigm // *Sports Medicine* 2019; 49(Suppl 2):S153-S168. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01160-3>.
29. Hackney A.K. Clinical Management of Immuno-Suppression in Athletes Associated with Exercise Training: Sports Medicine Considerations // *Acta Medica Iranica*, 2013; 51(11):751-756.
30. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J.-M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra H.P., Gabbett T.J., et al. How much is too much? (Part 2). International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness // *Br J Sports Med* 2016; 50:1043-1052. doi:10.1136/bjsports-2016-096572.
31. Pascoe A.R., Fiatarone Singh M.A., Edwards K.M. The effects of exercise on vaccination responses: a review of chronic and acute exercise interventions in humans // *Brain Behav Immun.* 2014; 39:33-41. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.10.003>.
32. Cunningham-Rundles C. Physiology of IgA and IgA deficiency // *J. Clin. Immunol.* 2001; 21:303-309.
33. Trochimiak T, Hübner-Woźniak E. Effect of exercise on the level of immunoglobulin a in saliva // *Biol Sport.* 2012;29(4):255-261. doi:10.5604/20831862.1019662.
34. Proctor G.B, Carpenter G.H. Regulation of salivary gland function by autonomic nerves // *Auton. Neurosci.* 2007; 133:3-18.
35. Gleeson M, Pyne D.B. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: exercise effect on mucosal immunity. *Immunol // Cell Biol.* 2000;78:536-544.
36. Laing S.J, Gwynne D, Blackwell J, Williams M, Walters R, Walsh N.P. Salivary IgA response to prolonged exercise in a hot environment in trained cyclist // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2005; 93:665-671.
37. Libicz S, Mercier B, Biogu N, Le Gallais D, Castex F. Salivary IgA response of triathletes participating in the French Iron Tour // *Int. J. Sports Med.* 2006;27:389-394.
38. Peters E.M. Exercise, immunology and upper respiratory tract infection // *Int. J. Sports Med.* 1997;18(Suppl 1):69-77.
39. Steerenberg P.A, van Asperen I. A, van Nieuw Amerongen A, Biewaga A, Mol D, Medema G.J. Salivary levels of immunoglobulin A in triathletes // *Eur. J. Oral Sci.* 1997;05:305-309.
40. Fondell E, Lagerros Y.T, Sundberg C.J, Lekander M, Balter O, Rothman K.J, Bälter K. Physical activity, stress and self-reported upper respiratory tract infection // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2010;43:272-279.
41. Francis J.L, Gleeson M, Pyne D.B, Callister R, Clancy R.L. Variation of salivary immunoglobulins in exercising and sedentary populations // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2005;37:571-578.
42. Akimoto T, Kumai Y, Akama T, Hayashi E, Murakami H, Soma R, Kuno S, Kono I. Effects of 12 months of exercise training on salivary secretory IgA levels in elderly subjects // *Br. J. Sports Med.* 2003; 37:76-79.
43. Nieman D.C, Henson D.A, Dumke C.L, Lind R.H, Shooter L.R, Gross S.J. Relationship between salivary IgA secretion and upper respiratory tract infection following a 160-km race // *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2006; 46:158-162.
44. Rico-González M, Clemente FM, Oliveira R, Bustamante-Hernández N, Pino-Ortega J. Part I: Relationship among Training Load Management, Salivary Immunoglobulin A, and Upper Respiratory Tract Infection in Team Sport: A Systematic Review // *Healthcare (Basel).* 2021;9(4):366. Published 2021 Mar 24. doi:10.3390/healthcare9040366.
45. Sawczuk T, Jones B, Welch M, Beggs C, Scantlebury S, Till K. Prediction of Upper Respiratory Illness Using Salivary Immunoglobulin A in Youth Athletes // *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(4):511-516. doi:10.1123/ijspp.2019-0804.
46. Stephenson BT, Hynes E, Leicht CA, Tolfrey K, Goosey-Tolfrey VL. Brief Report: Training Load, Salivary Immunoglobulin A, and Illness Incidence in Elite Paratriathletes // *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(4):536-539. doi:10.1123/ijspp.2018-0439.
47. Neville V, Gleeson M, Folland JP. Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes // *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(7):1228-1236. doi:10.1249/MSS.0b013e31816be9c3.
48. Turner SEG, Loosemore M, Shah A, Kelleher P, Hull JH. Salivary IgA as a Potential Biomarker in the Evaluation of Respiratory Tract Infection Risk in Athletes // *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2021;9(1):151-159. doi:10.1016/j.jaip.2020.07.049.

49. Suzuki K, Nakaji S, Yamada M, Totsuka M, Sato K, Sugawara K. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. Cytokine kinetics // Exerc. Immunol. Rev. 2002; 8:6–48.
50. Hejazi K., Hosseini S.-R.A. Influence of selected exercise on serum immunoglobulin, testosterone and cortisol in semi-endurance elite runners // Asian J Sports Med 2012; 3(3):185–192.
51. Назар П., Шевченко Е., Осадчая О., Левон М. Иммунный статус спортсменов при физической нагрузке // Наука в олимпийском спорте 2014; № 1:37–43.
52. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С. Оценка влияния физических нагрузок на гуморальный иммунитет спортсменов // Медицина экстремальных ситуаций 2020; № 22(2):

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алпатов Сергей Петрович – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры фармакологии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; старший научный сотрудник отдела научно-исследовательских услуг ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, г. Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5, тел.: +7 495 434-22-66, e-mail: immunosport@rambler.ru.

Ефимов Павел Владимирович – врач-аспирант, кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического фа-

культета, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, тел.: 8 915 116-64-08, e-mail: efimovvpavel@yandex.ru.

Кочетов Анатолий Глебович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры фармакологии, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, тел.: +7 495 434-22-66, e-mail: ag_kochetov@dpo-ilm.ru.

Зоренко Алла Владимировна – врач по спортивной медицине, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, г. Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5, тел.: 8 926 317-46-48, e-mail: allabaturina@mail.ru.

Парастаев Сергей Андреевич – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6, заместитель директора по научной работе ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, г. Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5, тел. +7 499 795-68-57, parastaevsergey@rambler.ru

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ СПОРТИВНОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

УДК 616.831-01.34

А.В. Смоленский¹, О.А. Шевелев², А.В. Тарасов¹, Д.Н. Менжуренкова³¹Российский университет спорта «ГЦОЛИФК» (Москва)²Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии (Москва)³Кафедры общей и патологической физиологии им В.А. Фролова
медицинского института РУДН им. Патриса Лумумбы (Москва)

РЕЗЮМЕ

В обзоре представлены материалы по распространенности легкой черепно-мозговой травмы как доминирующей черепно-мозговой травмы у спортсменов в различных видах спорта. Наиболее травматичными видами спорта в отношении легкой черепно-мозговой травмы являются бокс, боевые искусства, американский футбол, регби, футбол, хоккей, верховая езда и горные лыжи, а также целый ряд любительских видов спорта, в частности скейтбординг, катание на самокате и роликовых коньках.

Ключевые слова: спорт, спортсмены, легкая черепно-мозговая травма, сотрясение головного мозга, эпидемиология легкой черепно-мозговой травмы.

EPIDEMIOLOGY OF SPORTS TRAUMATIC BRAIN INJURY

A.V. Smolensky¹, O.A. Shevelev², A.V. Tarasov¹, D.N. Menzhurenkova³¹Russian University of Sports "GCOLIFK" (Moscow)²Federal Scientific and Clinical Center for Reanimatology and Rehabilitation, (Moscow)³Department of General and Pathological Physiology named after V.A. Frolov
Medical Institute Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow)

SUMMARY

The review presents materials on the prevalence of mild traumatic brain injury as the dominant traumatic brain injury in athletes in various sports. The most traumatic sports for mild traumatic brain injury are boxing, martial arts, American football, rugby, soccer, hockey, horse riding and alpine skiing, as well as a number of recreational sports such as skateboards, scooters and rollerblades.

Key words: sport, athletes, mild traumatic brain injury, concussion, epidemiology of mild traumatic brain injury.

Легкая черепно-мозговая травма (ЛЧМТ) – остро развившееся нарушение функции мозга, являющееся следствием травматического воздействия, при котором может отмечаться кратковременная потеря сознания (до 30 минут) и/или амнезия (до 24 часов), шкала комы Глазго 13–15 баллов. У большинства пациентов восстановление после ЛЧМТ происходит в короткие сроки (в течение 1–2 недель), однако у 5–20 % пострадавших могут отмечаться более длительные физические, когнитивные, эмоциональные и поведенческие расстройства, которые носят название постконтузионного синдрома. Его симптомы могут включать

головную боль, головокружение, тошноту, нарушения координации, снижение аппетита, сонливость, нарушения зрения и слуха, быструю утомляемость, тревожность, депрессию, раздражительность, нарушения памяти, концентрации внимания и трудности принятия решений. ЛЧМТ включает в себя две нозологии: сотрясение головного мозга и ушиб мозга легкой степени тяжести [1, 2].

Сотрясение головного мозга (СГМ) – наиболее легкая клиническая форма диффузного транзиторного повреждения мозга, в основе которого лежат метаболические, ионные, нейротрансмиссивные нарушения и нейровоспаление,

характеризующиеся отсутствием видимых изменений на компьютерной томографии (КТ).

Сотрясение мозга – своеобразный тип ЛЧМТ – травмы, часто встречающейся в различных контактных и бесконтактных видах спорта, таких как бокс, боевые искусства, американский футбол, регби, футбол, хоккей, верховая езда и горные лыжи. СГМ возникает всякий раз, когда внешние силы определенной интенсивности провоцируют ускорение-торможение мозга, и характеризуется быстрым возникновением кратковременных нарушений неврологических функций, спонтанно разрешающихся в течение недель и сохраняющихся в течение более длительного времени лишь в небольшом проценте случаев. Широкий спектр молекулярных изменений, включая митохондриальную дисфункцию, дефицит энергии и изменения экспрессии генов и белков, запускается сотрясением мозга и длится дольше, чем клинические симптомы [1, 2, 3, 4].

Популяционные исследования распространенности ЛЧМТ или спортивной ЧМТ, связанных со спортом и отдыхом, дают разноречивые результаты. К примеру, показатели заболеваемости спортивной ЧМТ, полученные из различных источников, которые не являются репрезентативными для базовой популяции, дают сильно противоречивые годовые оценки в диапазоне от 2,6/100 000 до 124/100 000 населения [5, 6, 7]. Существуют гендерные различия в эпидемиологии ЧМТ. По оценкам национальной базы США данных ЧМТ за 2017 год, количество случаев травм у мужчин значительно превышает количество случаев у женщин, составляя более 73 % всех сообщений о травмах. Однако при спортивных ЧМТ число женских случаев превышает число мужских примерно в два раза. Различные целевые группы населения и критерии выявления случаев привели к большим различиям в оценках, а факторы риска тяжести спортивной ЧМТ оцениваются неоднозначно [8, 9, 10, 11].

Результаты многих исследований спортивной ЧМТ, включая главным образом СГМ, опирались на отчеты тренеров и иных специалистов, которые были получены при наблюдениях за профессиональными атлетами и молодыми спортсменами

(учащиеся старших классов школ и студенты колледжей) контактных видов спорта. В этих отчетах основное внимание уделялось оценке кинематики и времени, прошедшего до момента возвращения в спорт [12, 13, 14, 15].

В этих исследованиях в качестве знаменателя указываются показатели заболеваемости, основанные на времени воздействия и сезонах игр, что затрудняет сопоставимость с оценками заболеваемости населения. Тем не менее в этих работах сообщалось о более высокой частоте СГМ или ЛЧМТ в контактных видах спорта [9, 11, 12].

Хотя оценки спортивной ЧМТ в литературе сильно различаются, исследователи сходятся во мнении о тенденции к ее росту за последние 20 лет [16, 17, 18, 19].

Легкая черепно-мозговая травма составляет 70–90 % всех черепно-мозговых травм, при этом примерно 10–15 % спортсменов различных специализаций с ЛЧМТ сообщают о стойких когнитивных и/или нервно-психических нарушениях в течение одного года после травмы и позже [20, 21, 22, 23].

К особенностям клинического течения ЛЧМТ в спорте следует отнести: быстрое начало, кратковременное нарушение неврологической функции, которое проходит спонтанно. Однако в некоторых случаях признаки и симптомы развиваются в течение нескольких минут или часов. СГМ, связанное со спортом, может привести к неврологическим изменениям, но острые клинические симптомы в значительной степени отражают функциональное нарушение, а не структурное повреждение, и поэтому в стандартных структурных нейровизуализационных исследованиях отклонений не наблюдается. Разрешение клинических и когнитивных симптомов обычно происходит последовательно. Однако важно отметить, что в некоторых случаях симптомы могут быть продолжительными [16, 24, 25, 26].

К наиболее уязвимым видам спорта в отношении ЛЧМТ следует отнести: велоспорт, бокс, спортивные единоборства, американский футбол, бейсбол, баскетбол, футбол, скоростной спуск, сноуборд, фристайл, верховую езду, гимнастику, черлидинг, а также ряд любительских видов спорта,

включая скейтбординг, катание на самокате, роликовых коньках и др. [8, 12, 15, 22, 24].

ЛЧМТ доминирует в структуре черепно-мозгового травматизма – 60–95 % всех пострадавших [6]. Соотношение распространенности ЛЧМТ по отношению к тяжелой составляет 22 : 1. Соотношение СГМ и ушиба легкой степени тяжести примерно 4 : 1. Смертность при ЛЧМТ низкая (0,04–0,29 %) и практически исключительно вызвана внутримозговыми гематомами [27].

Причинами ЛЧМТ у населения являются как дорожно-транспортные происшествия, так и бытовые, криминальные, спортивные и производственные травмы [10]. В большинстве исследований отмечено, что ЧМТ чаще встречается среди детей, молодых людей до 30 лет и среди пожилых пациентов. Преимущественно ЧМТ получают мужчины. В различных исследованиях, посвященных ЧМТ, доля мужчин колеблется от 70 до 81 %. Доля мужчин и женщин в разных странах составляет от 1,2 : 1 в Швеции до 2,7 : 1 в Испании. В развивающихся странах это соотношение составляет 4,8 : 1. Ежегодно через отделения неотложной помощи США проходит около 173 285 случаев ЧМТ, связанных со спортом и отдыхом, среди детей и подростков в возрасте от рождения до 19 лет (в среднем 10 лет) [28]. За тот же 10-летний период количество посещений неотложной помощи по поводу ЛЧМТ, связанных со спортом и отдыхом, среди детей и подростков увеличивалось на 60 % ежегодно, с 153 375 до 248 418 в 2009 году [8, 28].

С 1997 по 2007 год количество посещений неотложной помощи по поводу ЛЧМТ, возникающих в организованных командных видах спорта, почти удвоилось у детей в возрасте от 8 до 13 лет и более чем утроилось среди молодежи в возрасте от 14 до 19 лет. Разбивка этих цифр показывает, что 71,0 % всех посещений отделений неотложной помощи при ЧМТ, связанных со спортом и отдыхом, были мужчинами, а 70,5 % от общего числа посещений приходилось на людей в возрасте 10–19 лет [28]. В целом виды деятельности, наиболее часто связанные с посещениями отделения неотложной помощи в связи с ЧМТ, включали езду на велосипеде и американский футбол, за которыми следуют занятия на игровых площадках, баскетбол и футбол.

В исследовании Selassie AW с соавт. были проанализированы данные обо всех обращениях в больницы и отделения неотложной помощи Южной Каролины по поводу ЧМТ за 1998–2011 гг. Был рассчитан годовой уровень получения ЧМТ, связанной со спортом, и проведено сравнение показателей по демографическим группам [29].

В общей сложности 16 642 человека с ЧМТ, связанной со спортом, получили среднегодовой показатель травматизма 31,5 на 100 000 населения с устойчивым увеличением с 19,7 в 1998 году до 45,6 в 2011 году. Наиболее распространенные механизмы спортивной ЧМТ были выявлены в футболе (38,1 %), за которым следуют травмы при падениях в спорте (20,3 %). Наибольший показатель травматизма наблюдался среди подростков 12–18 лет (120,6 на 100 000 человек). Наиболее распространенным механизмом спортивной ЧМТ был удар ногой в футболе/регби (38,1 %), за ним следовали травмы при падении во время занятий спортом и/или игровых мероприятий (20,3 %) и травмы на транспортных средствах повышенной проходимости (16,1 %). Спортивная ЧМТ, связанная с травмами на средствах повышенной проходимости, наблюдалась у молодых людей (средний возраст 22,7 года; 95 % ДИ 22,2–23,8). ЧМТ в результате занятий конным спортом составила 9,2 %. Наиболее распространенным механизмом были водные виды спорта (1,8 %), такие как дайвинг и катание на водных лыжах. Сотрясение мозга было наиболее частым типом ЧМТ в спорте (49,2 %) [29].

Удар ногой в футболе был наиболее частым механизмом, составляя 38,1 % всех спортивных ЧМТ и 29 % всех тяжелых спортивных ЧМТ [29]. Как видно из других исследований, ЧМТ в результате ударов ногами наблюдалась преимущественно в возрастном диапазоне от 12 до 24 лет (72,4 %), в американском футболе и футболе у учеников средней, старшей школы и колледжей [30].

Падения были вторым по распространенности механизмом (20,3 %). Падения с роликовых коньков, скейтбордов и безмоторных самокатов составили 43,6 % травм при падениях. Большого внимания заслуживает популярность скейтбординга и катания на роликах среди подростков, а также вероятность травм головы. Недавний анализ

Национального банка данных о травмах показал, что 41,5 % травм, связанных со скейтбордом, были легкие ЧМТ, а использование шлемов составило всего 7,2 % [31]. Падения с игрового оборудования составили 37 %; 88,6 % приходилось на детей в возрасте 6–11 лет. Случайные падения без конкретного упоминания о занятиях спортом, но произошедшие на спортивных площадках, составили 21,0 % [10].

Распространенность ЛЧМТ на 100 000 человек увеличился с 19,7 в 1998 году до 45,6 в 2011 году. Хотя изменение показателей травматизма по сравнению с исходным уровнем было больше у женщин, чем у пациентов мужского пола (131 % против 123 %), гендерные различия в показателях увеличивались с 17,4 % в 1998 г. до 35,9 % в 2011 г. Уровень травматизма был самым высоким в возрастной группе от 12 до 18 лет (120,6/100 000 населения), за которой следовала возрастная группа от 6 до 11 лет (61,0/100 000 населения); после 18 лет уровень травматизма резко снизился. В анализе было 1010 человек (6,1 %) с повторяющейся спортивной ЧМТ: 5,6 % имели две и 0,5 % имели ≥ 3 спортивных ЧМТ. На лиц в возрасте до 24 лет приходилось 85 % повторных спортивных ЧМТ. Изучение факторов риска после ковариационного анализа показывает, что у людей с тяжелой спортивной ЧМТ в четыре раза чаще наблюдалась предшествующая ей спортивная легкая ЧМТ, чем у лиц без предыдущей спортивной ЧМТ [32]. Примерно в 10 % случаев вследствие ЛЧМТ отмечаются внутрочерепные кровоизлияния, 1–2 % из них требуют нейрохирургического вмешательства [33]. В течение пятилетнего периода наблюдения за 23199 пациентами, перенесшими легкую ЧМТ, отмечено, что у 8,2 % из них развился инсульт. Показано, что ЛЧМТ ассоциирована с повышенным риском развития инсульта в 10,21 в течение 3-х месяцев; в 4,61 в течение 1-го года и в 2,32 за 5-летний период.

При повторных сотрясениях мозга может выявляться атрофия коры и гиппокампа, вентрикуломегалия, полость прозрачной перегородки и другие изменения, свидетельствующие о запуске процессов нейродегенерации. Кроме того, показано, что повторные СГМ повышают риск развития бокового

амиотрофического склероза в 3 раза, паркинсонизма – в 3,8–4,3 раза, деменции альцгеймеровского типа – в 1,8 раза [1]. В ряде случаев при повторной ЛЧМТ может развиваться катастрофическое повреждение мозга, если второй эпизод травмы пришелся на период, когда полное восстановление после первого эпизода еще не наступило [1, 6].

Постоянное увеличение нейротравм, значительная инвалидизация и высокая летальность постоянно требуют изучения медико-социальных аспектов данной проблемы. Для дальнейшего совершенствования организационных мероприятий по оказанию нейротравматологической помощи населению имеет большое значение эпидемиологическое изучение данной проблемы. В начале XXI в. травматизм по-прежнему сохраняет свою актуальность. Ежегодно около 42 миллионов человек во всем мире страдают от легкой черепно-мозговой травмы или сотрясения мозга. Заболеваемость спортивной ЧМТ растет, что соответствует осознанию обществом преимуществ физической активности. Наибольшая частота встречается у лиц в возрасте 12–18 лет, причем преобладающим типом ЧМТ является сотрясение мозга. ЛЧМТ чрезвычайно распространена. По оценкам, от 100 до 300 человек на 100 000 человек ежегодно во всем мире обращаются за медицинской помощью по поводу ЛЧМТ. Поскольку многие люди с ЛЧМТ могут не обращаться за медицинской помощью, вполне вероятно, что истинная глобальная популяционная заболеваемость ЛЧМТ превышает 600 случаев на 100 000 человек в год [10, 17, 18].

Определенные группы населения, такие как спортсмены контактных видов спорта (включая американский футбол, бокс, хоккей с шайбой, смешанные единоборства и футбол), военнослужащие и жертвы домашнего насилия, подвергаются особенно высокому риску ЛЧМТ. Интересно, что подверженность ЧМТ во многих из этих групп высокого риска не оставалась стабильной с течением времени. Например, исследование профессиональных боксеров в Великобритании и Австралии показало, что с 1930 по 2003 год продолжительность карьеры среднего профессионального боксера сократилась почти на 75 % (с 19

до 5 лет), а среднее количество боев за карьеру сократилось на 96 % (с 336 до 13) [34]. Это снижение воздействия с течением времени происходит параллельно с усилением медицинского надзора и повышает вероятность того, что качество хронических неврологических последствий бокса также может со временем измениться. Аналогичным образом за последние несколько десятилетий профессиональный американский футбол кардинально изменился: усилился медицинский надзор, были внесены изменения в защитное снаряжение и правила игры, направленные конкретно на повышение безопасности игроков. Однако современные устройства слежения обнаружили, что игроки в настоящее время получают тысячи СГМ в течение одного сезона. Распространенность повторной ЧМТ менее ясна. Известно, что предшествующая ЛЧМТ является фактором риска будущей ЧМТ, хотя риск, конкретно связанный с ЧМТ, неизвестен [6, 9, 18].

Более тяжелая ЧМТ является общепризнанным фактором риска развития различных нейродегенеративных заболеваний, включая болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и бокового амиотрофического склероза. Результаты мета-анализа двадцати одного исследования указывают на то, что ЛЧМТ можно рассматривать как фактор риска развития деменции [35].

Кроме того, высокая частота повторных случаев сотрясения мозга или легкой спортивной ЧМТ у молодежи может иметь долгосрочные интеллектуальные и поведенческие последствия, которые требуют скоординированных действий по контролю ЧМТ и дальнейших популяционных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинические рекомендации «Лёгкая черепно-мозговая травма»: Клинические рекомендации утверждены на XXXVIII Пленуме Правления Ассоциации нейрохирургов России. – г. Санкт-Петербург, 15 апреля 2016 г.
2. Holm L, Cassidy JD, Carroll LJ, Borg J. Summary of the WHO collaborating centre for neurotrauma task force on mild traumatic brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2005; 37(3): 137–141.
3. Steenerson K, Starling A. Pathophysiology of sports-related concussion. *Neurol. Clin*. 2017; 35: 403–408 <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2017.03.011>.
4. Romeu-Mejia R, Giza C, Goldman J. Concussion pathophysiology and injury biomechanics. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019; 12: 105–116 <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09536-8>.
5. Bazarian JJ, McClung J, Shah MN, Cheng YT, Flesher W, Kraus J. Mild traumatic brain injury in the United States, 1998–2000. *Brain Inj*. 2005; 19(2):85–91.
6. Christopher S, Sahler B, Brian D, Greenwald D. *Traumatic Brain Injury in Sports: A Review Rehabilitation Research and Practice/2012 Volume 2012 | Article ID 659652* | <https://doi.org/10.1155/2012/659652>.
7. Mohammad I, Kawas, Christopher A, Sheridan, William C, Flood, Adam P, Sweeney, Christopher T, Whitlow. *TBI Sports Related Injury 2023/5/24 Functional Neuro-radiology: Principles and Clinical Applications Pages 1389–1399*.
8. Centers for Disease Control And Prevention. Nonfatal traumatic brain injuries related to sports and recreation activities among persons aged <=19 years—United States, 2001–2009. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2011; 60(39): 1337–1342.
9. Guskiewicz KM, McCrea M, Marshall SW, Cantu RC, Randolph C, Barr W, James A, Onate, James P, Kelly. Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *JAMA*. 2003; 290(19): 2549–2555.
10. Conn JM, Annett JL, Gilchrist J. Sports and recreation related injury episodes in the US population, 1997–99. *Inj Prev*. 2003; 9(2): 117–123.
11. Crisco JJ, Wilcox BJ, Beckwith JG, Chu JJ, Duhaime AC, Rowson S, Stefan M, Duma, Arthur C, Maerlender, Thomas W, McAllister, Richard M, Greenwald. Head impact exposure in collegiate football players. *J Biomech*. 2011; 44(15): 2673–2678.
12. Colvin AC, Mullen J, Lovell MR, West RV, Collins MW, Groh M. The role of concussion history and gender in recovery from soccer-related concussion. *Am J Sports Med*. 2009; 37(9): 1699–1704.
13. Marshall SW, Spencer RJ. Concussion in rugby: the hidden epidemic. *J Athl Train*. 2001; 36(3): 334–338.
14. Kerr ZY, Marshall SW, Guskiewicz KM. Reliability of concussion history in former professional football players. *Med Sci Sports Exerc*. 2012; 44(3): 377–382.

15. Guskiewicz KM, Weaver NL, Padua DA, Garrett WE., Jr Epidemiology of concussion in collegiate and high school football players. *Am J Sports Med.* 2000; 28(5): 643–650.
16. Covassin T, Elbin R, 3rd, Stiller-Ostrowski JL. Current sport-related concussion teaching and clinical practices of sports medicine professionals. *J Athl Train.* 2009 Jul-Aug; 44(4): 400–404.
17. Laker SR. Epidemiology of concussion and mild traumatic brain injury. *PM R.* 2011;3(10) Suppl. 2: S354–S358.
18. Lincoln AE, Caswell SV, Almquist JL, Dunn RE, Norris JB, Hinton RY. Trends in concussion incidence in high school sports: a prospective 11-year study. *Am J Sports Med.* 2011; 39(5): 958–963.
19. Kozlowski KF, Leddy JJ, Tomita M, Bergen A, Willer BS. Use of the ICECI and ICD-10 E-Coding structures to evaluate causes of head injury and concussion from sport and recreation participation in a school population. *Neuro-Rehabilitation.* 2007; 22(3): 191–198.
20. Esopenko, C.; Chow, T.W.; Tartaglia, M.C.; Bacopulos, A.; Kumar, P.; Binns, M.A.; Kennedy, J.L.; Müller, D.J.; Levine, B. Cognitive and psychosocial function in retired professional hockey players. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 2017, 88, 512–519.
21. Iverson GL, Gardner AJ, Terry DP, Ponsford JL, Sills AK, Broshek DK, Gary S Solomon . Predictors of clinical recovery from concussion: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2017 Jun; 51(12): 941–8.
22. Koh JO, Cassidy JD, Watkinson EJ. Incidence of concussion in contact sports: a systematic review of the evidence. *Brain Inj.* 2003; 17: 901–917.
23. Morgan CD, Zuckerman SL, Lee YM, King L, Beaird S, Sills AK, Gary S Solomon Predictors of postconcussion syndrome after sports-related concussion in young athletes: a matched case-control study. *J Neurosurg Pediatr.* 2015 Jun; 15(6): 589–98.
24. Kuhn AW, Solomon GS. Concussion in the National Hockey League: a systematic review of the literature. *Concussion.* 2015; 1(1): CNC1.
25. Manley, G ; Gardner, AJ ; Schneider, KJ ; Guskiewicz, KM ; Bailes, J ; Cantu, RC ; Castellani, RJ ; Turner, M ; Jordan, BD ; Randolph, C ; C., Dvorak, J., Hayden, K. A., Tator, C. H., McCrory, P. Iverson, G. L. A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *Br J Sports Med.* 2017; 51(12): 969.
26. Theadom A, Starkey NJ, Dowell T, Hume PA, Kahan M, McPherson K, , Valery Feigin .; BIONIC Research Group. Sports-related brain injury in the general population: an epidemiological study. *J Sci Med Sport.* 2014 Nov; 17(6): 591–6.
27. Kraus J.F. Neurotrauma. Chapter 2. Epidemiology of brain injury. Ed. R. Narayan et al. – McGraw Hill – USA. – 1996. – P. 13–30.
28. Gilchrist J, Thomas K. E., Xu L., McGuire L. C., and Coronado V. G., “Nonfatal sports and recreation related traumatic brain injuries among children and adolescents treated in emergency departments in the United States, 2001–2009,” *Morbidity and Mortality Weekly Report*, vol. 60, no. 39, pp. 1337–1342, 2011.
29. Selassie AW, Zaloshnja E, Langlois JA, Miller T, Jones P, Steiner C. Incidence of long-term disability following traumatic brain injury hospitalization, United States, 2003. *J Head Trauma Rehabil.* 2008; 23(2): 123–131.
30. Gessel LM, Fields SK, Collins CL, Dick RW, Comstock RD. Concussions among United States high school and collegiate athletes. *J Athl Train.* 2007; 42(4): 495–503.
31. Lustenberger T, Talving P, Barmparas G, Schnuriger B, Lam L, Inaba K, Demetrios Demetriades . Skateboard-related injuries: not to be taken lightly. A National Trauma Databank analysis. *J Trauma.* 2010; 69(4): 924–927.
32. Anbesaw W. Selassie, DrPH,a,* Dulaney A. Wilson, PhD,a E. Elisabeth Pickelsimer, DA,a Delia C. Voronca, MS,b Nolan R. Williams, MD,c and Jonathan C. Edwards, MDc Incidence of sport-related traumatic brain injury and risk factors of severity: a population-based epidemiologic study *Ann Epidemiol.* 2013 Dec; 23(12): 750–756. doi: 10.1016/j.annepidem.2013.07.022.
33. Vos P.E. 1, Y Alekseenko, L Battistin, E Ehler, F Gerstenbrand, D F Muresanu, A Potapov, C A Stepan, P Traubner, L Vecsei, K von Wild; European Federation of Neurological Societies et (2012). Mild traumatic brain injury. *European Journal of Neurology* 2012, 19: 191–198.
34. H Clausen 1, P McCrory, V Anderson The risk of chronic traumatic brain injury in professional boxing: change in exposure variables over the past century *Br J Sports Med.* 2005 Sep;39(9):661–4; discussion 664. doi: 10.1136/bjism.2004.017046.
35. Taylor M Snowden 1, Anthony K Hinde 2, Hannah M O Reid 2, Brian R Christie 1 Does Mild Traumatic Brain Injury Increase the Risk for Dementia? A Systematic Review and Meta-Analysis *Meta-Analysis J Alzheimers Dis* 2020; 78(2): 757–775. doi: 10.3233/JAD-200662.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА

Смоленский Андрей Вадимович – д.м.н., профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК», адрес: Россия, 105122, г. Москва, ул. Сиреневый бульвар, д. 4; e-mail: smolensky52@mail.ru;

Шевелев Олег Алексеевич – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии», профессор кафедры общей патологии и патологической физиологии имени В.А. Фролова Медицинского института Российского университета им. Патриса

Лумумбы, Москва, Российская Федерация. Москва, Российская Федерация, 141534, Московская область, г.о. Солнечногорск, д. Лыткино, 777; e-mail: shevelev_o@mail.ru;

Тарасов Александр Викторович – к.м.н., доцент, доцент кафедры спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК», адрес: Россия, 105122, г. Москва, ул. Сиреневый бульвар, д. 4; e-mail: lwanlim_a@mail.ru;

Менжуренкова Дарина Николаевна – аспирантка кафедры общей и патологической физиологии им В.А. Фролова медицинского института РУДН им. Патриса Лумумбы, Москва, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: pechenki2013@mail.ru.

РАЗВИТИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ У ДОШКОЛЬНИКОВ С НАРУШЕНИЕМ ОСАНКИ И ПЛОСКОСТОПИЕМ МЕТОДАМИ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Н. В. Володина

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается значение осанки и функциональности стопы в формировании координационных двигательных качеств у детей старшего дошкольного возраста. Показано, что дети с нарушением осанки и плоскостопием демонстрируют низкий уровень развития ловкости, равновесия и зрительно-моторной координации. Доказано, что целенаправленная коррекционная работа с осанкой и стопами улучшает отмеченные функции и повышает уровень их развития. Предлагается использование методов лечебной физической культуры в развитии координационных двигательных качеств у старших дошкольников.

Ключевые слова: координационные двигательные качества, равновесие, зрительно-моторная координация, нарушение осанки, плоскостопие.

DEVELOPMENT OF COORDINATION MOTOR SKILLS IN PRESCHOOLERS WITH IMPAIRED POSTURE AND FLAT FEET BY METHODS OF THERAPEUTIC PHYSICAL CULTURE

Volodina N.V.

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk

SUMMARY

The article discusses the importance of posture and functionality of the foot in the formation of coordination motor qualities in children of senior preschool age. It has been shown that children with poor posture and flat feet demonstrate low levels of development in dexterity, balance and hand-eye coordination. It has been proven that targeted corrective work with posture and feet improves the noted functions and increases the level of their development. It is proposed to use methods of therapeutic physical culture in the development of coordination motor qualities in older preschool children.

Key words: coordination motor qualities, balance, hand-eye coordination, poor posture, flat feet.

ВВЕДЕНИЕ

Проявление координационных способностей зависит от целого ряда факторов. Одним из таких факторов является нарушение деятельности двигательного анализатора. Функция двигательного анализатора состоит в восприятии, анализе и синтезе афферентных импульсов от мышечно-суставного аппарата [1].

При плоскостопии и нарушении осанки поток импульсов от проприоцептивных рецепторов

изменяется, что приводит к некорректному эфферентному ответу [2]. В результате некоторые звенья мышечно-связочных структур перестают работать или работают нефизиологично. Отсюда формируются неправильные двигательные стереотипы основных движений, они становятся энергозатратными, разрушают суставы, формируют дистонию мышц. В таких условиях развитие координационных качеств становится неэффективным.

У дошкольников нервная система сформирована не полностью, поэтому координационные качества развиты слабо. До шести лет способность к дифференцировке движений у детей низкая, наблюдается избыток ориентировочных двигательных реакций [3]. В семь лет особенностью двигательных координаций является нестабильность скоростных и ритмических характеристик.

Возрастные особенности дошкольников в сочетании с плоскостопием и нарушением осанки не способствуют продуктивному развитию координационных двигательных качеств.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Плоскостопие наиболее распространено у дошкольников, что связано с возрастными анатомо-физиологическими особенностями. В этой возрастной категории сниженный свод стопы встречается, по данным разных авторов, в 20–80 % случаев [2, 4–7]. Известно, что ребенок рождается с плоской стопой. По мере взросления и освоения различных движений свода стопы формируются и к 8–10 годам достигают необходимой высоты. К сожалению, в современных условиях так бывает не всегда. Формирование стопы по разным причинам у детей задерживается, функциональность ее часто снижена даже у взрослых, в том числе и занимающихся спортом.

Современные методы диагностики позволяют оценить форму и функцию стопы уже в дошкольном возрасте и определить, является ли плоскостопие физиологической нормой либо патологией [2, 5]. Понятие «плоскостопие» на настоящем этапе объединяет разные нозологические формы, которые различаются по этиопатогенезу, клиническим проявлениям и методам коррекции [2, 4]. Все эти формы объединяет нарушение функциональности стоп, физиологическое или патологическое, которое снижает возможности детей в проявлении и развитии основных двигательных качеств.

Распространенность нарушений осанки среди детей дошкольного возраста, по данным разных авторов, составляет от 15 до 30 %, причем отмечается рост этого показателя в онтогенезе и к подростковому возрасту приближается к 75 % [8–12].

Нарушение осанки оказывает значимое влияние на координационные двигательные способ-

ности дошкольников. Связано это с изменением локации как общего центра тяжести тела (ОЦТ), так и центра тяжести отдельных его звеньев [8]. Известно, что при увеличении поясничного лордоза ОЦТ смещается вперед, а при уменьшении – назад; при косом тазе и разновеликости конечностей ОЦТ смещается в сторону опорной ноги. Е. М. Бондарь в 2012 году выявлено снижение ОЦТ и изменение момента устойчивости тела у старших дошкольников с нарушением осанки [8].

Таким образом, развитие координационных качеств у детей дошкольного возраста может быть затруднено из-за нарушений осанки и плоскостопия.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования было повысить эффективность развития координационных двигательных качеств у детей старшего дошкольного возраста с нарушением осанки и плоскостопием.

Задачи исследования:

- оценить уровень развития координационных двигательных качеств: ловкости, статического равновесия, зрительно-моторной координации у детей 5–7 лет с нарушением осанки и плоскостопием;
- определить эффективность методики лечебной физической культуры (ЛФК), (направленной на восстановление функциональности стоп и коррекцию неправильной осанки) в повышении уровня развития координационных двигательных качеств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе МБОУ «Школа-интернат спортивного, спортивно-адаптивного и оздоровительного профиля г. Челябинска» с сентября 2022 года по июнь 2023 года.

В настоящем исследовании приняли участие 98 дошкольников в возрасте 6–7 лет, из них 50 мальчиков и 48 девочек, с нарушением осанки и плоскостопием. Для диагностики указанных нарушений опорно-двигательной системы использовались результаты компьютерной оптической топографии и компьютерной плантографии.

Из них были сформированы две группы: основная группа (n = 48) детей, из них 24 мальчика и 24 девочки, и контрольная (n = 50), из них 26 мальчиков и 24 девочки.

Таблица 1

Показатели челночного бега (3 x 10 м) у детей 6–7 лет с нарушением осанки и плоскостопием*

Группы	Челночный бег 3 x 10 м		p
	До исследования	После исследования	
Основная группа	13,15 ± 0,17	10,92 ± 0,17	p < 0,05
Контрольная группа	13,30 ± 0,17	13,30 ± 0,17	p > 0,05
p	p > 0,05	p < 0,05	

*в секундах

Исследование осуществлялось с письменного информированного согласия законных представителей детей, которым была предоставлена информация о характере исследования и методах коррекционного воздействия.

Оценка уровня развития координационных двигательных качеств проводилась следующими методами: ловкость определяли посредством челночного бега 3x10м; статическое равновесие оценивали методом усложненной пробы Ромберга (устойчивость на одной ноге с закрытыми глазами), зрительно-моторную координацию изучали с помощью серии упражнений с мячом. Упражнения с мячом включали следующие задания: подброс мяча вверх и ловля, толчок мяча в пол и ловля, бросок мяча в стену с расстояния 1 м и ловля, ведение мяча на расстояние 8 м, бросок мяча в баскетбольную корзину (высота – 2 м над уровнем пола). Подсчитывалось количество результативных бросков (1 балл). При ведении мяча из общего количества баллов вычиталось количество потерь мяча.

В обеих группах проводились занятия физической культурой 3 раза в неделю по 30 минут на базе на основе образовательной программы дошкольного образования «От рождения до школы». В основной группе дополнительно проводились занятия лечебной физической культурой 3 раза в неделю по 30 минут.

Методика коррекции нарушений осанки включала: упражнения на статическую силовую выносливость мышц спины, ягодиц и живота; миофасциальный релиз, дыхательные упражнения, корригирующие упражнения в зависимости от типа нарушения осанки, упражнения на формирование навыка правильной осанки.

Методика коррекции плоскостопия включала: миофасциальный релиз, упражнения на восстановление функции мышц стопы, упражнения на укрепление мышечно-связочного аппарата стоп, упражнения на формирование оптимального стереотипа ходьбы.

Результаты исследований обрабатывались с помощью пакетов программ Excel и IBM SPSS Statistics 20. Вычислялись среднее арифметическое значение показателя и ошибка среднего арифметического значения. Учитывая нормальность распределения, значимость различий в зависимых и независимых выборках оценивали параметрическим методом, использовали t-критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при p < 0,05.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ результатов входного тестирования ловкости у старших дошкольников с нарушением осанки и плоскостопием показал низкий уровень развития данного двигательного качества в обеих исследуемых группах в 100 % случаев. После исследования показатели в основной и контрольной группах соответственно распределились следующим образом: низкий уровень – 37,5 и 48,0 % детей, средний уровень – 29,17 и 2,0 % детей, высокий уровень – 33,33 % детей. В контрольной группе высокого уровня показателей челночного бега не отмечено.

При сравнении показателей челночного бега до и после исследования зарегистрировано значимое снижение времени выполнения двигательного теста в основной группе, в то время как в контрольной группе показатели остались на прежнем уровне.

Таблица 2

Показатели пробы Ромберга у детей 6–7 лет с нарушением осанки и плоскостопием*

Группы	Проба Ромберга		p
	До исследования	После исследования	
Основная группа	6,02 ± 0,72	10,78 ± 0,99	p < 0,05
Контрольная группа	6,58 ± 0,57	8,40 ± 0,59	p < 0,05
p	p > 0,05	p < 0,05	

*в секундах

Челночный бег является интегративным тестом, оценивающим сразу несколько двигательных качеств: взрывную силу, быстроту, выносливость, координацию и ловкость [13]. И все они зависят от качества сокращения мышц и правильной техники исполнения. При нарушениях осанки и плоскостопии отмечается мышечный дисбаланс, который не позволяет выполнять движения технично и быстро. Методика коррекции осанки и плоскостопия направлена на выравнивание мышечного тонуса мышц ног и туловища и слаженное включение всех видов мышц (агонистов, антагонистов, синергистов, стабилизаторов и нейтрализаторов) в движение, в то время как методика занятий физической культурой предполагает лишь развивающие упражнения, без учета оптимальной физиологичной техники движений. Ребенок с нарушением осанки и плоскостопием не в состоянии продемонстрировать высокие спортивные результаты, поскольку его мышцы включаются в движение неправильно, с использованием компенсации слабости усилий мышцами-синергистами. Кроме того, такие движения энергозатратны и способствуют быстрому утомлению не только мышц ног, но и всего организма в целом.

Таким образом, коррекция осанки и плоскостопия у дошкольников позволяет улучшить технику движений в челночном беге, увеличить их энергоэффективность, что способствует, в свою очередь, повышению скорости и координации. В итоге снижается время выполнения данного теста у детей основной группы.

Показатели пробы Ромберга до исследования в основной и контрольной группах соответственно были: низкий уровень – 50,00 и 28,00 % детей, средний уровень – 37,50 и 68,00 % детей, высокий уровень – 12,5 и 4 % детей. После исследования по-

казатели пробы Ромберга в основной и контрольной группах соответственно распределились следующим образом: низкий уровень – 20,83 и 36,00 % детей, средний уровень – 66,67 и 60,00 % детей, высокий уровень – 12,50 и 4,00 % детей.

В ходе исследования показатели усложненной пробы Ромберга продемонстрировали значимую положительную динамику функции равновесия у детей в обеих исследуемых группах. Значимые различия также зарегистрированы в независимых выборах в пользу основной группы дошкольников.

Основными регуляторами равновесия в организме ребенка служат мышечный и вестибулярный аппараты. Также большое значение в сохранении устойчивости имеют органы чувств, особенно зрение [14]. В данном тесте зрительный анализатор выключен, поэтому решающее значение для сохранения равновесия играет состояние мышц и вестибулярных органов. Обе используемые в исследовании методики развития способствуют тренировке как мышц, так и вестибулярного аппарата.

По нашему мнению, методика коррекции осанки и плоскостопия в большей мере способствовала изменению ОЦТ тела за счет влияния на выраженность изгибов позвоночника, функциональное состояние костей таза, нижних конечностей и головы. Кроме того, данная методика в изобилии использует статические упражнения, которые более эффективны в формировании устойчивости тела и его отдельных звеньев.

Таким образом, показано, что коррекция осанки и плоскостопия позволяет повысить эффективность тренировки функции равновесия при применении общеразвивающей методики занятий.

Упражнения с мячом характеризуют в основном способность координации зрительного и двига-

Таблица 3

**Показатели зрительно-моторной координации у детей 6–7 лет
с нарушением осанки и плоскостопием***

Группы	Упражнения с мячом		p
	До исследования	После исследования	
Основная группа	15,04 ± 0,54	20,23 ± 0,34	p < 0,05
Контрольная группа	14,8 ± 0,60	18,24 ± 0,54	p < 0,05
p	p > 0,05	p < 0,05	

* в баллах

тельного аппаратов между собой [15]. Из таблицы 3 видно, что значимая положительная динамика показателей зрительно-моторной координации достигнута в обеих исследуемых группах. Однако и здесь мы имеем результаты в основной группе выше, чем в контрольной (p < 0,05).

Правильная осанка способствует активизации мозгового кровотока, в результате чего улучшаются зрение и внимание, т. е. те функции, которые прямо влияют на соотношение «глаз – рука». Кроме того, упражнения на коррекцию осанки требуют строго регламентированных движений, что тренирует координацию движений в общем и зрительно-моторную координацию в частности. Использование большого количества зрительных ориентиров при формировании правильной постановки стоп при ходьбе, коррекции положения головы и фиксация взгляда при выполнении корригирующих упражнений также способствуют развитию зрительно-моторной координации [16].

ВЫВОД

Таким образом, использование методов лечебной физкультуры в физическом развитии старших дошкольников способно значительно улучшить координационные двигательные качества у детей с нарушением осанки и плоскостопием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробинская А.О. Анатомия и возрастная физиология. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 414 с.
2. Шевелева Н.И., Дубовихин А.А., Минбаева Л.С. Проблема плоскостопия на современном этапе. // Вопросы практической педиатрии. – 2020. – № 15 (2). – С. 68–74.
3. Морозова Л.Д. Теория и методика физического развития дошкольников. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 167 с.
4. Букина Е.Н., Горячева Н.Л., Перепелкин А.И. Исследование сводов стопы у детей дошкольного возраста. // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2015. – № 1. – С. 97–98.
5. Кенис В.М., Димитриева А.Ю., Сапоговский А.В. Отношение врачей различных специальностей к проблеме плоскостопия. // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова. – 2019. – Т. 4. – № 11. – С. 27–6.
6. Затравкина Т.Ю., Рубашкин С.А., Дохов М.М. Плоскостопие у детей: этиопатогенез и диагностика (обзор). // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2018. – № 14 (3). – С. 389–395.
7. Аверьянова Н.И., Приступова В.В., Семерикова И.Л., Старкова И.Л. Распространенность и структура деформаций стоп у младших школьников. // Пермский медицинский журнал. – 2019. – Т. XXXVI. – № 6. – С. 33–40.
8. Бондарь Е.М. Биостатистические показатели тела старших дошкольников с различными нарушениями осанки. // Физическое воспитание студентов. – 2012. – № 4. – С. 25–27.
9. Фадеева О. В. Осанка и основные методы ее коррекции. / О.В. Фадеева, Т.С. Сумарокова // Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Пенза. – 2018. – С. 200–203.
10. Покатилов А.Б., Новак А.П., Хворостова А.В. Профилактика нарушения осанки у детей. // Главный врач Юга России. – 2017. – № 3. – С. 13–17.
11. Рябова И.В., Соболевская Н.Н., Нежкина Н.Н. Про-

филактика и коррекция нарушений осанки детей в образовательных организациях: монография. – М.: МГПУ, 2019. – 148 с.

12. Мирская Н.Б., Коломенская А. Н., Ляхович А.В., Сиякина А.Д., Самусенко И.Ю. Профилактика и коррекция нарушений и заболеваний костно-мышечной системы у детей и подростков (методология, организация, технология). – М.: Флинта, 2022. – 255 с.
13. Каранец Е.М, Власенко Н.Э. Диагностика физической подготовленности дошкольников. – Минск : Аверсэв, 2023. – 78 с.
14. Завьялова Т. П., Стародубцева И.В. Теория и методика физического воспитания дошкольников. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 282 с.
15. Кротова В.Ю., Григорьев О.А. Формирование и укрепление здоровья детей дошкольного возраста средствами лечебной физической культуры. // Наука. – 2020. – № 1. – С. 147–152.
16. Шибяева А.А., Овчинникова Е.И., Халимова А.М. Технология физкультурно-оздоровительных-занятий с направленностью на профилактику нарушений опорно-двигательного аппарата у дошкольников. // Учёные записки Забайкальского государственного университета. – 2020. – Т. 15. – № 2. С. 101–109.

REFERENCES

1. Drobinskaya A.O. Anatomy and age-related physiology. Moscow, Yurayt Publishing House, 2023, 414 p. (in Russian).
2. Sheveleva N.I., Dubovikhin A.A., Minbaeva L.S. The problem of flat feet at the present stage. Issues of practical pediatrics. 2020; 15(2): 68–74 (in Russian).
3. Morozova L.D. Theory and methods of physical development of preschool children. Moscow, Yurayt Publishing House, 2022, 167 p. (in Russian).
4. Bukina E.N., Goryacheva N.L., Perepelkin A.I. Study of the arches of the feet in preschool children. Scientific review. Pedagogical sciences. 2015; 1: 97–98 (in Russian).
5. Kenis V.M., Dimitrieva A.Yu., Sapogovsky A.V. The attitude of doctors of various specialties to the problem of flat feet. Bulletin of the North-Western State Medical University named after. I. I. Mechnikova. 2019; 11: 27–6 (in Russian).
6. Zatravkina T.Yu., Rubashkin S.A., Dokhov M.M. Flat feet in children: etiopathogenesis and diagnosis (review). Saratov Scientific and Medical Journal. 2018; 14(3): 389–395 (in Russian).

7. Averyanova N.I., Pristupova V.V., Semerikova I.L., Starokova I.L. Prevalence and structure of foot deformities in primary schoolchildren. Perm Medical Journal. 2019; 6: 33–40 (in Russian).
8. Bondar E.M. Biostatic body parameters of older preschool children with various postural disorders. Physical education of students. 2012; 4: 25–27 (in Russian).
9. Fadeeva O.V., Sumarokova T.S. Posture and the main methods of its correction (Materials of the XVI International Scientific and Practical Conference «Modern Education: Current Issues, Achievements and Innovations»), Penza, 2018, 200–203 p. (in Russian).
10. Pokatilov A.B., Novak A.P., Khvorostova A.V. Prevention of postural disorders in children. Chief physician of the South of Russia. 2017; 3: 13–17 (in Russian).
11. Ryabova I.V., Sobolevskaya N.N., Nezhkina N.N. Prevention and correction of children's posture disorders in educational organizations: monograph. Moscow, MGPU, 2019, 148 p. (in Russian).
12. Mirskaya N.B., Kolomenskaya A.N., Lyakhovich A.V., Sinyakina A.D., Samusenko I.Yu. Prevention and correction of disorders and diseases of the musculoskeletal system in children and adolescents (methodology, organization, technology). Moscow, Flinta, 2022, 255 p. (in Russian).
13. Karanets E.M., Vlasenko N.E. Diagnosis of physical fitness of preschool children. Minsk, Aversev, 2023, 78 p. (in Russian).
14. Zavyalova T.P., Starodubtseva I.V. Theory and methods of physical education of preschool children. Moscow, Yurayt Publishing House, 2023, 282 p. (in Russian).
15. Krotova V.Yu., Grigoriev O.A. Formation and strengthening of the health of preschool children by means of therapeutic physical culture. Nauka. 2020; 1: 147–152 (in Russian).
16. Shibaeva A.A., Ovchinnikova E.I., Khalimova A.M. Technology of physical education and recreational activities aimed at preventing musculoskeletal disorders in preschool children. Scientific notes of Transbaikalian State University. 2020; 2: 101–109 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА

Надежда Валентиновна Володина – канд. биол. наук, доцент кафедры Спортивной медицины и физической реабилитации, Челябинск, ул. Труда, д. 168; тел. 7-900-097-72-31, e-mail: nadezhda74.71@yandex.ru.

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КИНЕЗИОЛОГИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

УДК 796:378

И.Е. Лукьянова, С.Н. Утенкова, М.В. Грищенко

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет просвещения»

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы развития произвольного внимания детей с детским церебральным параличом (ДЦП). Приводятся данные экспериментальной работы, направленной на выявление особенностей развития произвольного внимания у детей с ДЦП разных возрастных групп; обосновывается необходимость коррекционной работы с детьми младшего школьного возраста (7–11 лет). За основу программы коррекционной работы принимаются кинезиологические упражнения, позволяющие развивать нейронные связи между полушариями мозга. Результаты контрольного эксперимента показали эффективность предлагаемой технологии.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, кинезиологические упражнения, межполушарное взаимодействие.

THE PRACTICE OF USING KINESIOLOGICAL EXERCISES IN THE DEVELOPMENT OF VOLUNTARY ATTENTION IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

I.E. Lukyanova, S.N. Utenkova, M.V. Grishchenko

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "State University of Education"

ABSTRACT

The article discusses the development of voluntary attention in children with cerebral palsy. The data of experimental work aimed at identifying the features of the development of voluntary attention in children with cerebral palsy of different age groups are presented; the need for correctional work with children of primary school age (7–11 years) is substantiated. Kinesiological exercises are used as the basis for the program of correctional work, which allow the development of neural connections between the hemispheres of the brain. The results of the control experiment showed the effectiveness of the proposed technology.

Keywords: cerebral palsy, kinesiological exercises, interhemispheric interaction.

Детский церебральный паралич (ДЦП) составляет почти 90 % популяции детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата [10]. Одним из специфических проявлений этого заболевания является нарушенное развитие внимания – ребенок с ДЦП испытывает трудности при попытке сосредоточиться. Нарушения произвольности и концентрации внимания затрагивают около 90 % детей с церебральным параличом [7]. Чаще это

связано со структурой дефекта (отклонениями в функционировании зрительного анализатора, органическими поражениями глубинных мозговых структур и проч.), однако велика роль и психологической составляющей [1]. Нарушение произвольности внимания влияет на эмоционально-волевую сферу, познавательную и учебную деятельности ребёнка, приобретение социального опыта.

С точки зрения нейрофизиологии, при ДЦП достаточно часто нарушается работа префронтальных отделов коры больших полушарий, что и сказывается на специфичности проявлений нарушений в виде повышенной отвлекаемости и неустойчивости других психических функций (произвольность восприятия, запоминание, нарушение саморегуляции и контроль поведения). Существенную роль играет также латерализация поражений коры головного мозга. Произвольность внимания связана в основном с правополушарными нарушениями. Однако очаговые поражения в левом полушарии, учитывая то, что мозг функционирует как единая структура, не могут не сказываться на изучаемом функционале. Двигательные нарушения при ДЦП, связанные со зрительно-пространственной организацией движений (затрагивают зоны, расположенные в правом полушарии, но при организации работы взаимодействуют с зонами, отвечающими за стереогнозис, находящимися в левом полушарии), однозначно наталкивают на идею о необходимости введения в практику коррекционной работы кинезиологических упражнений, позволяющих развивать двигательные навыки, операции, связанные с организацией произвольности внимания и других видов психической деятельности [2, 9].

Нейрокоррекционные упражнения позволяют через движения воздействовать на мозговые структуры, которые начинают разрабатывать нейронные связи. В первую очередь это те зоны мозга, которые располагаются в непосредственной близости к зоне поражения или участкам, проявляющим слабую мозговую активность. Особенность этих упражнений в том, что они могут оказывать как относительно немедленный, так и накопительный эффект [8].

К большому сожалению, в образовательной практике крайне редко учитываются сенсорно-моторная асимметрия, функциональная неоднородность полушарий, а также несогласованность работы мозговых структур, особенно у детей с ограниченными возможностями здоровья [3– 6]. Между тем применение в коррекционной работе кинезиологических упражнений и их комплексов позволяет улучшить моторику,

произвольность внимания, оптимизировать мыслительные процессы, улучшить пространственные представления, а также облегчить процессы письма и чтения за счет «разгрузки» и синхронизации работы полушарий. Безусловно, игнорирование коррекционной работы с детьми, имеющими нейropsychологический синдром, имеет и более масштабные последствия: закрепляются нарушения чтения и письма, изменяются и усложняются процессы познания, мышления, как следствие, возникают трудности в усвоении учебного материала. Школьная неуспеваемость, возникающая на фоне перечисленных процессов, провоцирует негативные проявления в формировании личностных и эмоционально-волевых качеств ребенка.

В ходе проводимого в течение трёх лет (с 2020 по 2023 г.) экспериментального исследования была предпринята попытка установить особенности произвольного внимания у детей с детским церебральным параличом в разных возрастных группах. Также велась разработка коррекционных мероприятий и оценка их эффективности.

Обследование детей и коррекционная работа с ними проводились на базе государственного бюджетного образовательного учреждения «Школа-интернат № 17» г. Москвы. Контингент детей для экспериментальной группы был подобран по следующим критериям: наличие в анамнезе детского церебрального паралича, рекомендации в заключении ЦПМПК по развитию внимания, регулярность посещения образовательного учреждения, полная или частичная сохранность работоспособности верхних конечностей.

В ходе организации и проведения экспериментальной работы были сформированы 2 группы: контрольная и экспериментальная. В каждой группе по 12 человек со сходными возрастными показателями и наличием патологии со стороны опорно-двигательного аппарата при сохранном интеллекте. В обе группы включены по 6 человек по возрастной категории, относящихся к младшим школьникам (7 – 11 лет), и по 6 человек из среднего школьного звена (12 – 15 лет).

Для диагностики произвольного внимания был подобран следующий диагностический комплекс:

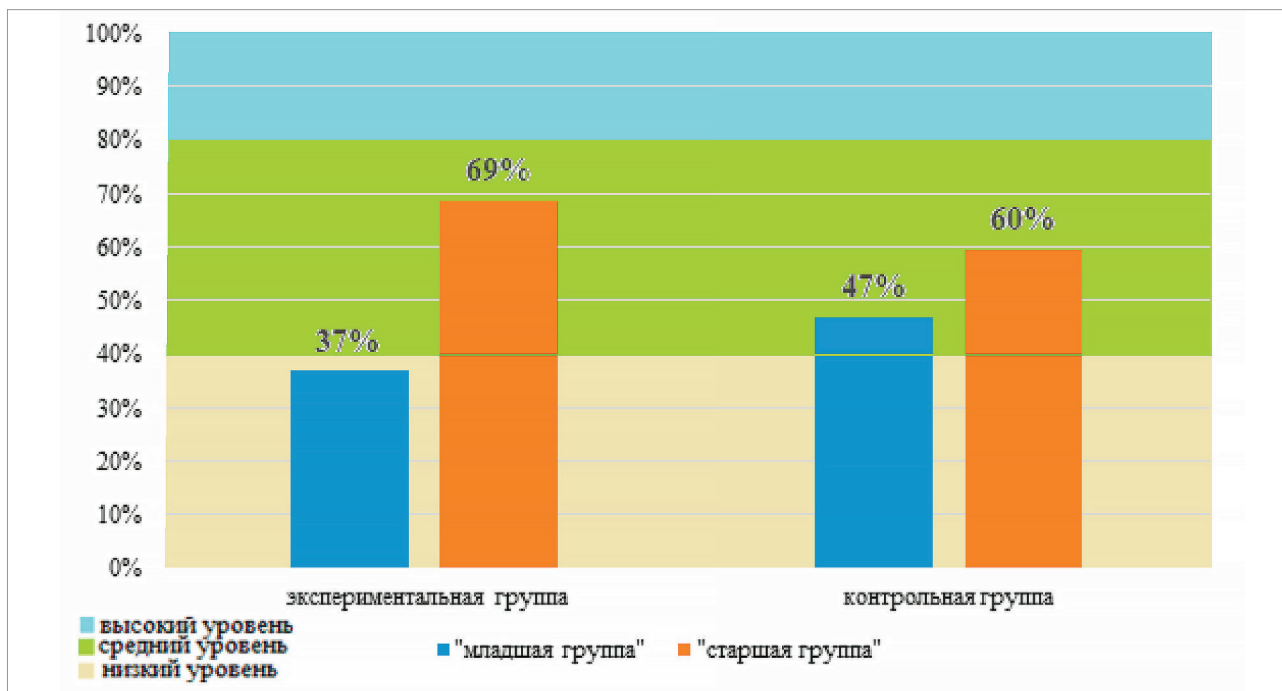


Рис. 1 – Обобщённые показатели диагностики произвольного внимания (констатирующий эксперимент)

методика «Таблицы Горбова – Шульте», помогающая оценить скорость переключения внимания и концентрацию; методика «Кольца Ландольта» – позволяет провести оценку распределения, объёма и уровня концентрации внимания; методика Мюнсберга – направлена на определение избирательности внимания; методика «Перепутанные линии Рисса» – применяется для оценки устойчивости и концентрации внимания; методика «Корректурная проба» (буквенный вариант для старших школьников и графический вариант для младших школьников) – используются для исследования степени концентрации и устойчивости и переключения внимания; методика Поппельрейтера помогает оценить уровень распределения внимания. У всех участников эксперимента имелись согласия на психологическое сопровождение в образовательном учреждении. Исследование проводилось с учетом возрастных и индивидуальных особенностей учащихся в первой половине дня (до 12 часов) и с обязательным предоставлением времени на отдых, не менее 10 минут, после каждой методики. Были соблюдены правила единства требований и условий проведения диагностики к каждому участнику эксперимента.

Полученные в ходе диагностической работы данные позволяют судить о степени развития про-

извольного внимания у детей экспериментальной и контрольной групп по возрастам. На рисунке 1 приведены обобщённые показатели произвольного внимания участников обеих групп.

Сравнительный анализ данных диагностической работы показал, что с возрастом наблюдается положительная динамика в развитии произвольного внимания – данные и экспериментальной, и контрольной групп это подтверждают (37 % и 69 % – рост показателя в рамках младшего и среднего школьного возраста экспериментальной группы и 47 % и 60 % – в контрольной группе). Однако для детей изучаемой группы в целом все показатели развития произвольности внимания не выходят за пределы средних.

Можно предположить, говоря об экспериментальной группе, что недостаточный уровень развития произвольного внимания «младших» участников будет негативно влиять на процесс их адаптации к условиям образовательной среды, а также тормозить развитие других высших психических функций, что вызывает необходимость проведения психолого-педагогической работы по развитию произвольного внимания. Средние показатели этой функции у участников «старшей» группы говорят о сформированности у них волевых качеств и мотивационной сферы, но при этом

Таблица

**Комплекс мероприятий для проведения формирующего эксперимента
в рамках исследования**

Название	Цель	Особенности применения
Комплекс дыхательной гимнастики	Насыщение мозга кислородом	Проводится в течение 10–20 минут в начале занятия (ограничение при эпилептоидных проявлениях)
Нейрогимнастика	Налаживание взаимодействия корковых и подкорковых частей головного мозга	Используются упражнения с опорой на верхние конечности, упражнения на дыхание и расслабление мышц. Проводится 5–10 минут в конце занятия
Упражнение «Алфавит»	Развитие произвольного внимания посредством межполушарного взаимодействия	Ребенку предлагается выполнить действие: «Л» – поднять левую руку, «П» – поднять правую руку, «О» – поднять обе руки. Ребенок поднимает руку так высоко, как может. Возможно поднятие только ладоней
Нейропрописи	Развитие внимания, памяти, графомоторных функций, межполушарного взаимодействия	Возможно использование отдельных фрагментов прописей, а также увеличение их масштаба для удобства участников эксперимента
Лабиринты	Развитие произвольного внимания: концентрации, продуктивности, устойчивости	Возможно увеличение их масштаба для удобства участников эксперимента. Вариативность прохождения задания – следя пальцем, глазами, карандашом. Применение печатных материалов и специального оборудования
Сыщик	Развитие произвольного внимания: концентрации, избирательности, продуктивности, устойчивости	Возможно использование частичных фрагментов бланков, а также увеличение их масштаба для удобства участников эксперимента
Цепочки слов	Развитие произвольного внимания: объема, концентрации, устойчивости	Минимизирует использование дополнительных материалов. Задание устное

с ними также необходимо проводить целенаправленную психолого-педагогическую работу для дальнейшего развития произвольного внимания и предупреждения регресса.

Процесс развития внимания у детей с детским церебральным параличом имеет свои особенности. Прежде всего при его организации необходимо учитывать особенности двигательной сферы таких детей и анализаторных систем.

Коррекционная работа, направленная на развитие произвольности внимания, была организована следующим образом: занятия проводятся 1–2 раза в неделю, продолжительность одного занятия: 40 минут – для групповых и 30 минут – для индивидуальных занятий. Для детей младшего школьного возраста занятия проводились в первую половину дня, а для старшего возраста – во вторую.

Каждое занятие включает комплекс мероприя-

тий, предполагающих включение кинезиологической составляющей (таблица).

Для большей продуктивности и снижения риска переутомления на занятиях выбранные коррекционные методики чередовались, а также предлагались детям в разных видах и формах. Каждой группе было предложено пройти все коррекционные методики, отобранные для проведения формирующего эксперимента.

По итогам проведения коррекционной работы, направленной на развитие произвольного внимания у детей с детским церебральным параличом разных возрастных групп, был проведен контрольный эксперимент, целью которого был анализ эффективности проведенных мероприятий.

Для проведения контрольного эксперимента использовался тот же методический комплекс, что и для констатирующего.

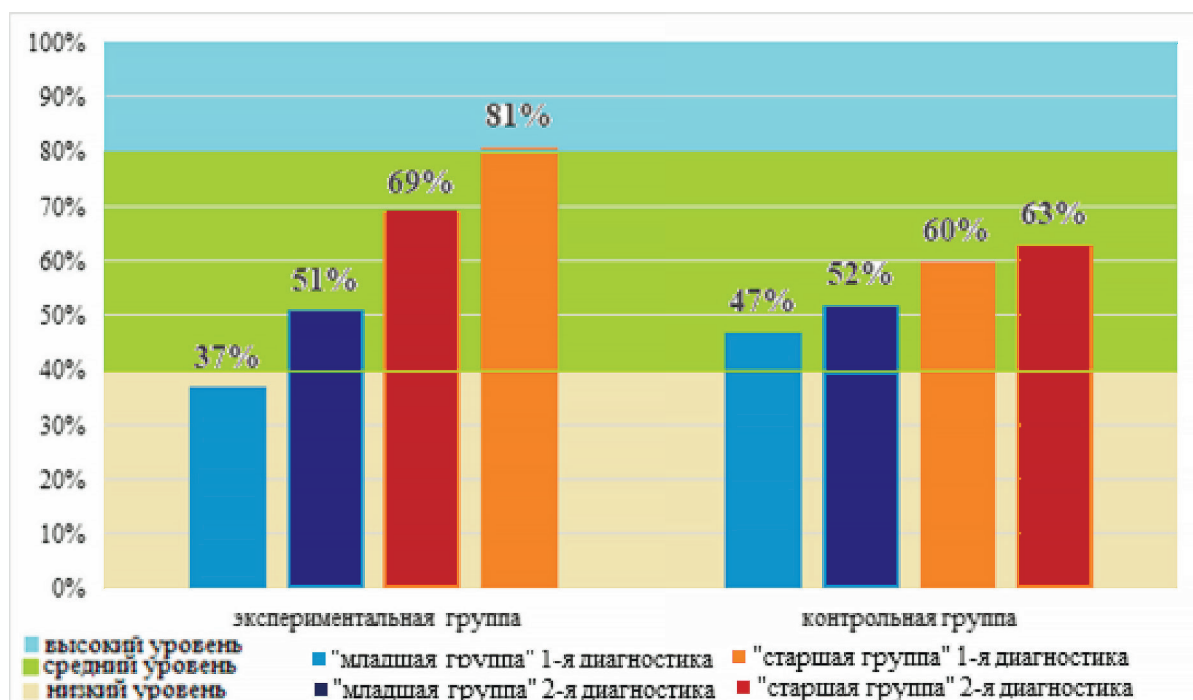


Рис. 2. – Обобщенные показатели диагностики произвольного внимания (контрольный эксперимент)

Обобщённые показатели произвольного внимания участников контрольной и экспериментальной групп представлены на рисунке 2.

Обобщённые показатели развития произвольного внимания у детей младшего и среднего школьного возраста с детским церебральным параличом свидетельствуют в пользу того, что целенаправленная коррекционная работа с включением кинезиологических методик, направленная на развитие произвольного внимания, оказывает положительное влияние, что подтверждается динамикой результатов контрольного исследования: в экспериментальной группе младших школьников с ДЦП, принимавших участие в коррекционном этапе работы, процентный рост общего показателя произвольного внимания составил 14 % в сравнении с 5 % в аналогичной контрольной группе; в экспериментальной группе старших школьников с ДЦП процентный рост составил 12 % в сравнении с 3 % в аналогичной контрольной группе.

Таким образом, принимая во внимания улучшения показателей уровня развития произвольного внимания, можно сделать вывод, что подобранные методы и приемы психокоррекционной работы доказали свою эффективность

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грищенко М.В. Развитие внимания у детей с детским церебральным параличом через оптимизацию межполушарного взаимодействия //Иновационные реабилитационные технологии в системе психолого-медико-педагогического сопровождения детей с особыми образовательными потребностями: сборник научных трудов: отв. ред. С.Н. Утенкова. М.: МГОУ. 2022. С. 39–42.
2. Грищенко М.В. Развитие межполушарного взаимодействия у детей с детским церебральным параличом как современная психолого-педагогическая технология коррекционно-развивающего обучения // Иновационные реабилитационные технологии в системе психолого-медико-педагогического сопровождения детей с особыми образовательными потребностями: сборник научных трудов: отв. ред. С.Н. Утенкова. М.: МГОУ. 2022. С. 112–114.
3. Левченко И.Ю., Приходько О.В. Технологии обучения и воспитания детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. М.: Академия, 2001. 192 с.
4. Лукьянова И.Е., Сигида Е.А., Утенкова С.Н. Дисфункция правого полушария головного мозга, или издержки воспитания и образования // Специальное образование. 2019. № 1 (53). С. 41–53.
5. Лукьянова И.Е., Сигида Е.А., Утенкова С.Н. Функцио-

- нальная асимметрия мозга: новые возможности в дефектологии // Специальное образование. 2020. № 2 (58). С 62–72.
6. Лукьянова И.Е., Сигида Е.А., Утенкова С.Н., Юнусов Ф.А. Речевые нарушения: нейропсихологическая модель дисфункции правого полушария // Журнал: Детская и подростковая реабилитация. 2022. № 2(47). С. 22–27.
 7. Немкова С.А. Нарушения психического развития при детском церебральном параличе: комплексная диагностика и коррекция // Журнал невропатологии и психиатрии. 2018. № 2. С.105–113.
 8. Ударцев М.М. Применение метода кинезиологической коррекции при работе с детьми школьного возраста // Форум молодежной науки. 2020. Выпуск 1. № 4. С. 35–38.
 9. Утенкова С.Н., Сигида Е.А., Лукьянова И.Е. Кинезиологические технологии в развитии межполушарного взаимодействия у детей // Современные методы профилактики и коррекции нарушений развития у детей: Традиции и инновации. Сборник материалов II Международной междисциплинарной научной конференции. Под общей редакцией О.Н. Усановой. 2020. С. 315–318.
 10. Центр Междисциплинарных исследований современного детства МГППУ. – URL: [https://childresearch.ru/6-oktjabrja-den-dcp/#:~:text=\(дата обращения: 16.07.2022\)](https://childresearch.ru/6-oktjabrja-den-dcp/#:~:text=(дата+обращения:16.07.2022).). – Текст: электронный.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКОГО СИНДРОМА

УДК: 616-006:618.19-089.87:615.83

А.С. Реуков, А.О. Конради, М.Д. Дидур, М. Л. Поспелова, А.П. Преснухина

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» МЗ РФ, Санкт-Петербург, Российская Федерация; ФГБУ науки «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» (РАН) МЗ РФ, Санкт-Петербург

РЕЗЮМЕ

Настоящая статья представляет собой обзор публикаций последних 5 лет по вопросу использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома и проблем, возникающих при проведении такого лечения. Вступление характеризует актуальность темы, современные данные о заболеваемости, распространенности, классификации и методах лечения постмастэктомического синдрома. В разделе «Материалы и методы» описываются источники, использованные в процессе информационного поиска, такие как Национальная медицинская библиотека США (PubMed – статьи; ClinicalTrials.gov – клинические испытания), Научный Гугл (Google Scholar), Российский информационно-аналитический портал (eLIBRARY.RU), способы аналитико-синтетической и логико-семантической обработки полученной информации. Раздел «Результаты» содержит детальное описание найденных релевантных теме публикаций. Раздел «Обсуждение» обращает внимание на очевидный диссонанс между заметным повышением исследовательского интереса к теме постмастэктомического синдрома за последние 5 лет и крайне малым количеством публикаций, посвященных использованию физических факторов для лечения этого

синдром. Причиной данного несоответствия является вполне обоснованная настороженность врачебного сообщества в отношении применения физических факторов в области грудной клетки и верхней конечности, ипсилатеральных мастэктомии. Врачи опасаются, что инвазивные, контактные и даже бесконтактные ипсилатеральные процедуры могут способствовать рецидиву опухоли и/или метастазированию. В разделе «Заключение» формулируются базовые требования к методике использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома, позволяющие минимизировать возможности рецидива и/или метастазирования опухоли.

Ключевые слова: рак молочной железы, постмастэктомический синдром, физические методы лечения.

THE CURRENT STATE AND PROBLEMS OF EMPLOYMENT OF PHYSICAL FACTORS FOR POSTMASTECTOMY SYNDROME TREATMENT

A.S. Reukov, М.Д. Дидур, А.О. Konradi, А.Р. Presnukhina

Federal State Budgetary Institution «Almazov National Medical Research Center» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation

SUMMARY

This article is a review of publications over the past 5 years on the employment of physical factors for the treatment of postmastectomy syndrome and the problems that arise during such treatment. The «Introduction» characterizes the relevance of the topic, modern data on the incidence, prevalence, classification and methods of postmastectomy syndrome treatment. The section «Materials and Methods» describes the sources used in the information search process, such as the US National Library of Medicine (PubMed – articles; ClinicalTrials.gov – clinical trials), Scientific Google, Russian Information and Analytical Portal (eLIBRARY. RU), methods of analytical-synthetic and logical-semantic processing of the obtained information. The «Results» contains a detailed description of the acquired relevant publications. The «Discussion» draws attention to the obvious dissonance between the marked increase in research interest in the topic of postmastectomy syndrome over the past 5 years and the extremely small number of publications devoted to the use of physical factors to treat this syndrome. The reason for this discrepancy is the well-founded wariness of the medical community regarding the use of physical factors in the chest and upper limb areas ipsilateral to mastectomy. Physicians are concerned that invasive, contact, and even non-contact ipsilateral procedures may promote tumor recurrence and/or metastasis. The «Conclusion» section formulates the basic requirements for the method of physical factors employment for the treatment of postmastectomy syndrome, which allows minimizing the possibility of tumor relapse and/or metastasis.

Keywords: breast cancer, postmastectomy syndrome, physical methods of treatment.

Цель настоящей статьи – по материалам публикаций последних 5 лет (2019–2023 гг.) представить обзор современного состояния использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома и проблем, возникающих при проведении такого лечения.

ВСТУПЛЕНИЕ

Актуальность темы, заявленной в настоящей статье, сомнений не вызывает. По данным ВОЗ, в 2020 г. во всем мире раком молочной железы забо-

лело 2,3 млн человек (60,5 на 100 тыс.), погибло 685 тыс. (18,0 на 100 тыс.). А всего в мире с таким диагнозом насчитывалось 7,8 млн пациенток, больше, чем со всеми видами рака [1].

В США, по информации Национального института рака США, опухоль молочной железы занимает первое место по заболеваемости, составляющей в 2023 г. 297,8 тыс. (177,3 на 100 тыс.) со смертностью 43,17 тыс. (26,7 на 100 тыс.) [2].

В России заболеваемость раком грудной железы в 2020 г. в абсолютных цифрах составила 65,5 тыс.

(82,2 на 100 тыс.) со смертностью 21,5 тыс. (27,2 на 100 тысяч) [3].

Мастэктомия по-прежнему является основным методом лечения рака молочной железы. В публикации 2023 года группы американских авторов указывается, что даже у больных на более ранних стадиях рака молочной железы (0–I–II) мастэктомия выполняется у 1/3 пациенток (односторонняя мастэктомия – у 21,0 % больных, двусторонняя – у 12,5 %), причем этот уровень не снижается уже в течение последних 10 лет [4].

Постмастэктомический синдром определяется не только самой хирургической травмой, но также и сопутствующими нехирургическими методами лечения рака молочной железы, такими как лучевая, гормональная и химиотерапия, и представляет собой сложную систему синдромов, различающихся между собой по своей этиологии и патогенезу. Группа исследователей университета Торонто, Италия, в публикации, вышедшей в ноябрьском номере за 2023 год издания *Current Oncology Reports*, представляет классификацию постмастэктомического синдрома, основанную на характере ведущего функционального расстройства. Авторы выделяют следующие категории функциональных расстройств [5]:

1. нейромышечное (neuromuscular), которое, в свою очередь, делится на:
 - постмастэктомический болевой синдром (postmastectomy pain syndrome) и
 - фантомный синдром груди (phantom breast syndrome);
2. костно-мышечное (musculoskeletal), подразделяющееся на
 - миофасциальный болевой синдром (myofascial pain syndrome) и
 - адгезивный капсулит (adhesive capsulitis);
3. лимфо-вазкулярное (lymphovascular), включающее
 - лимфатический отек (lymphedema) и
 - синдром подмышечной паутины (web syndrome).

Постмастэктомический синдром не является раритетом. По данным ретроспективного клинического исследования китайских ученых, опросив-

ших 1983 пациентки, перенесшие мастэктомию, хронический болевой синдром, продолжавшийся более 3 месяцев после операции, наблюдается у 28,2 % пациенток [6]. По данным недавнего, 2021 года, метаанализа, выполненного большим коллективом итальянских исследователей, хроническим болевым синдромом со степенью выраженности от умеренного до сильного страдают 25 % женщин, перенесших мастэктомию [7].

Частота лимфатического отека после мастэктомии в известной степени зависит от вида перенесенного хирургического вмешательства. Группа американских исследователей, изучив истории болезни более 65 тысяч женщин, перенесших такую операцию с 2010 по 2016 гг., установила, что за 7 лет частота лимфатического отека, сохранявшегося после операции в течение не менее 2 лет, удвоилась, с 4,62 % до 9,75 % ($P < 0,001$). Это увеличение можно объяснить радикализацией оперативного вмешательства. Так, частичная мастэктомия осложняется лимфатическим отеком в 2,79 % случаев, в то время как тотальная – в 7,31 % случаев ($P < 0,001$) [8].

Но физические страдания – это далеко не все проблемы, с которыми сталкиваются женщины, перенесшие мастэктомию. Пациентки тяжело переживают психологические последствия операции, в частности послеоперационный стресс, нарушения формы тела, непроходящую тревогу за свое будущее [9].

Современными методами установлено, что за так называемыми психологическими травмами стоят самые реальные метаболические и структурные нарушения головного мозга. В Национальном медицинском исследовательском центре им. В.А. Алмазова, г. Санкт-Петербург, РФ, исследовали 28 пациенток, страдавших постмастэктомическим синдромом после радикальной мастэктомии. У 71 % пациенток выявлено повышение уровня тревоги, у 64 % – признаки депрессии. Позитронно-эмиссионная томография обнаружила гемиметаболические нарушения в следующих отделах головного мозга: теменная кора, нижняя теменная доля, прекунеус (предклинье), верхняя височная извилина, префронтальная кора, задняя поясная кора [10]. Тот же исследовательский коллектив, изучая с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной

томографии состояние проводящих путей головного мозга у 46 пациенток, перенесших радикальную мастэктомию более 6 месяцев назад, у всех больных обнаружил нарушения белого вещества головного мозга, коррелировавшие с неврологическими расстройствами и показателями снижения качества жизни [11].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор публикаций по теме за последние 5 лет (2019–2023 гг.) осуществлялся в следующих базах данных: Национальная медицинская библиотека США (PubMed – статьи; ClinicalTrials.gov – клинические испытания), Научный Гугл (Google Scholar), Российский информационно-аналитический портал (eLIBRARY.RU). Сначала по ключевым фразам формировались списки публикаций, пертинентных теме.

PubMed.

По ключевой фразе «Postmastectomy» в заглавии публикации, postmastectomy [Title], найдено 600 статей, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

На логическом пересечении (\cap) множеств публикаций, содержащих ключевые слова «postmastectomy» и «syndrome» в заглавии и/или абстракте, (postmastectomy [Title/Abstract]) AND (syndrome [Title/Abstract]), найдено 89 статей, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

На логическом пересечении множеств публикаций, содержащих ключевые слова «postmastectomy» в заглавии и «edema» в заглавии и/или абстракте, (postmastectomy [Title]) AND (edema [Title/Abstract]), найдено 8 статей, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

На логическом пересечении множеств публикаций, содержащих ключевые слова «postmastectomy» в заглавии и «pain» в заглавии и/или абстракте, (postmastectomy [Title]) AND (pain [Title/Abstract]), найдено 83 статьи, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

На логическом пересечении множеств публикаций, содержащих ключевые слова «postmastectomy» в заглавии и «depression» в заглавии и/или абстракте, (postmastectomy [Title]) AND (depression [Title/Abstract]), найдено 4 статьи, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

ClinicalTrials.gov

По ключевому слову, характеризующему состояние/заболевание (Condition/disease), «postmastectomy» выявлено 6 клинических испытаний, завершенных за период с 2019 по 2023 гг., столько же заявленных и уже ведущих регистрацию пациентов, дата обращения 23 декабря 2023 г.

Google Scholar

По ключевому слову «postmastectomy» в заглавии, allintitle: postmastectomy, найдено 587 статей, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

По ключевой фразе «postmastectomy lymphedema» в заглавии, allintitle: postmastectomy lymphedema, за период с 2019 по 2023 гг. найдена 41 публикация, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

По ключевой фразе «postmastectomy pain», allintitle: Postmastectomy pain, за период с 2019 по 2023 гг. найдено 50 публикаций, дата обращения: 16 декабря 2023 г.

eLibrary

По ключевому слову «постмастэктомический» в заглавии/абстракте/тексте публикации найдено 53 статьи, дата обращения: 23 декабря 2023 г.

Далее путем ознакомления с текстом каждой публикации отбирались уже материалы, релевантные теме. Результаты, полученные в процессе сначала аналитико-синтетической, а затем логико-семантической обработки этих материалов, представлены в следующем разделе данной статьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выяснилось, что в зарубежном сегменте научно-медицинской периодики по вопросу использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома сравнительно мало публикаций.

Нами найдена единственная публикация с описанием случая (a case report) использования чрескожной электронейростимуляции для лечения хронического постмастэктомического болевого синдрома [12].

Коллектив египетских ученых сообщает о результатах рандомизированного интервенционного проспективного клинического испытания эффективности пульсирующей радиочастотной (Pulsed Radiofrequency) терапии хронического (более 3-х

месяцев после операции) болевого постмастэктомического синдрома, NCT03374423. Сравнивались 2 группы по 32 пациентки в каждой. Одна группа получала терапию в области межреберных нервов T2–T5, другая – в области спинального ганглия заднего корешка на том же уровне. Иглы вводились под ультразвуковым контролем. Параметры интервенции: частота радиоизлучения 500 кГц (длина волны 600 м), продолжительность импульса 20 мс, каждые 500 мс, 3 цикла по 2 минуты, продолжительность наблюдения 6 месяцев. Результат: оба метода интервенции оказались эффективными, но на последнем этапе, 6 месяцев, обезболивающий эффект воздействия на спинальные ганглии задних рогов спинного мозга был достоверно выше эффекта воздействия на межреберные нервы [13].

В исследовании, выполненном в Турции, анализировался лечебный эффект низкоэнергетической лазерной терапии у пациенток с постмастэктомическим отеком рук. В исследовании участвовало 24 женщины, средний возраст $54,42 \pm 9,32$ года, средняя продолжительность отека 9 месяцев. Применялся арсенид-галлиевый лазер с частотой 904 нм, мощность излучения 8 мВт/см², расстояние до кожи 1 см, в нашем аппарате ИК-Диполь мощность 2,4 мВт/см² и расстояние до кожи 5–10 см. Облучению подвергались точки в подмышечной и передней локтевой области. В течение одного сеанса облучалось 10 точек. Курс состоял из 24 процедур, проводимых 3 раза в неделю. Термометрия точки облучения во время сеанса лазеротерапии не проводилась. В результате проведенного курса наступило объективно наблюдавшееся уменьшение отека, улучшение функционирования конечности. Однако авторы не отмечают улучшения психического состояния пациенток. Депрессия и тревожность сохранялись. Как недостаток проведенного исследования, кроме малого числа наблюдений, авторы указывают на малую продолжительность динамического наблюдения за прошедшими курсом лечения больными, в связи с чем сомнение в отсутствии риска лазерной терапии в отношении рецидива рака и метастазирования не снимается. Библиографический список из 35 источников [14].

Группа отечественных исследователей изучала сравнительную эффективность лечения пост-

мастэктомического флеботромбоза медикаментозно и с добавлением двух физических методов. 58 больных, средний возраст 53,8 г, с постмастэктомическим лимфовенозным отеком верхней конечности II степени были рандомизировано распределены на 3 группы. 1-я группа: только эноксапарин, 2-я группа: эноксапарин + локальная магнитотерапия переменным магнитным полем, 3-я группа: эноксапарин + непрерывная инфракрасная лазерная терапия в течение 10–12 дней. В результате в группах, в которых фармакотерапия была дополнена применением физических факторов, отмечались большее уменьшение отека, вязкости крови и агрегации эритроцитов, а также более выраженная реканализации подмышечной вены [15].

Российские ученые изучали эффективность применения низкотемпературной аргоновой плазмы отдельно или в сочетании с общей магнитотерапией для профилактики постмастэктомических осложнений у 71-й больной после радикальной мастэктомии в раннем послеоперационном периоде. Авторы отмечают благоприятное влияние проведенных процедур как на локальные проявления постмастэктомического синдрома, так и на общее состояние пациенток. [16]. Описывая эффективность комплексного использования физиотерапевтических методов лечения в раннем постмастэктомическом периоде (2–4-е сутки), в их числе флюктуирующие токи, низкотемпературная аргоновая плазма, прерывистая пневмокомпрессия, общая и локальная магнитотерапия, авторы ограничились динамическим наблюдением до полугода [17].

Врачи Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава Чувашии описывают проведенное ими клиническое исследование эффективности лечения постмастэктомического синдрома у 50 пациенток с использованием пневмокомпрессии, низкочастотной электронейростимуляции мышц плечевого пояса и терапии переменным магнитным полем. Авторы отмечают исчезновение болевого синдрома и отека руки у всех пролеченных. О динамическом наблюдении не сообщается [18].

В базе данных ClinicalTrials.gov по ключевому слову, характеризующему состояние/заболевание

(Condition/disease), «postmastectomy» не выявлено ни одного клинического испытания по теме данной публикации, начатого или законченного за последние 5 лет (2019–2023 гг.), дата обращения: 23 декабря 2023 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

Последнее пятилетие, 2019–2023 гг., ознаменовалось заметным повышением исследовательского интереса к теме постмастэктомического синдрома. За 2019–2023 гг. в базе данных Национальной медицинской библиотеки США (PubMed) по ключевому термину «Postmastectomy» в заглавии статьи, Postmastectomy[Title], содержится 602 публикации, в то время как за 2014–2018 гг. – только 493 (дата обращения: 23 декабря 2023 г.). Этот факт диссоциирует с очевидно малым числом публикаций, отражающих использование физических факторов для лечения этого синдрома. И это неслучайно. По нашему мнению, причиной этому является вполне обоснованная настороженность врачебного сообщества в отношении применения физических факторов в области грудной клетки и верхней конечности, ипсилатеральных мастэктомии. Врачи опасаются, что инвазивные, контактные и даже бесконтактные ипсилатеральные процедуры могут способствовать рецидиву опухоли и/или метастазированию. Отсутствие продолжительного динамического наблюдения в клинических исследованиях использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома не позволяет аргументированно снять вышеуказанные опасения. Клиницистам хорошо известно коварство рака. Недаром документы, регламентирующие продолжительность динамического наблюдения за пациентами, перенесшими мастэктомию, требовали пожизненного наблюдения во все времена и требуют поныне [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог вышеизложенному, сформулируем три базовых требования к методике использования физических факторов для лечения постмастэктомического синдрома, которые позволят применять эти факторы с минимальным опасением в отношении возможности рецидива и/или метастазирования опухоли.

Во-первых, физические факторы должны применяться вне зоны мастэктомии и ипсилатеральной конечности.

Во-вторых, физические факторы не должны использоваться инвазивно и даже контактно.

В-третьих, доказательство онкологической безопасности должно базироваться на продолжительном динамическом наблюдении после курса физиотерапии, по крайней мере не менее 5 лет.

В настоящее время в Национальном медицинском исследовательском центре им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, уже имеется, хотя и небольшой, но весьма положительный опыт применения бесконтактной рефлекторной терагерцевой терапии для лечения постмастэктомического синдрома. В связи с этим руководством Центра принято решение о подготовке проспективного клинического исследования эффективности данного метода.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Breast cancer // WHO. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> (дата обращения: 03 декабря 2023 г.).
2. Common Cancer Types // National Cancer Institute. URL: <https://www.cancer.gov/types/common-cancers#:~:text=The%20most%20common%20type%20of,are%20combined%20for%20the%20list> (дата обращения: 03 декабря 2023 г.).
3. Рак молочной железы в цифрах: эпидемиология, диаграммы, видео // ВМЕСТЕ ПРОТИВ РАКА: ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ. URL: <https://protiv-raka.ru/analytics/epidemiologiya-rmzh-v-interaktivnyh-diagrammah/> (дата обращения: 03 декабря 2023 г.).
4. Fefferman M., Nicholson K., Kuchta K. Rates of Bilateral Mastectomy in Patients With Early-Stage Breast Cancer // JAMA Netw Open. 2023;6(1): e 2251348. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.51348.
5. Marco E. et al. Postmastectomy Functional Impairments / Marco E., Trépanier G. Chang E. et al // Curr Oncol Rep. 2023 Nov 13. doi: 10.1007/s11912-023-01474-6.
6. Gong Y. et al. Prevalence of postmastectomy pain syndrome and associated risk factors: A large single-institution cohort study / Gong Y., Tan Q., Qin Q., Wei C. // Medicine (Baltimore). 2020 May; 99(20):e19834. doi: 10.1097/MD.00000000000019834.

7. Calapai M. et al. / Calapai M., Esposito E., Puzzo L. et al. Post-Mastectomy Pain: An Updated Overview on Risk Factors, Predictors, and Markers // *Life (Basel)*. 2021 Oct; 11(10): 1026. Published online 2021 Sep 29. doi: 10.3390/life11101026.
8. Kuruvilla A.S. et al. Risk Factors Associated With Postmastectomy Breast Cancer Lymphedema: A Multicenter Retrospective Analysis / Kuruvilla A.S., Krajewski A., Xiaoning Li X. et al. // *nn Plast Surg*. 2022 May 1;88(3 Suppl 3): S239-S245. doi: 10.1097/SAP.0000000000003107.
9. Mishra A., Nair J., Sharan A.M. Coping in Post-Mastectomy Breast Cancer Survivors and Need for Intervention: Systematic Review // *ast Cancer (Auckl)*. 2023 Nov 9;17:11782234231209126. doi: 10.1177/11782234231209126.
10. Маханова А.М. с соавт. Сопоставление состояния метаболизма головного мозга и психоэмоциональных нарушений у пациенток с постмастэктомическим синдромом / Маханова А.М., Поспелова М.Л., Рыжкова Д.В. и др. // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2022. Т. 41. № 4. С. 399–406. doi: org/10.17816/rmmar111887.
11. Буккиева Т.А. с соавт. ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНОГО КОННЕКТОМА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ПАЦИЕНТОК С ПОСТМАСТЭКТОМИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ / Буккиева Т.А., Поспелова М.Л., Анпилогова К.С. и др. *Трансляционная медицина*. 2021, Т. 8, № 6. С. 33–42. doi: 10.18705/2311-4495-2021-6-33-42.
12. Wong G.W., Tiwari A.K. Percutaneous electrical nerve stimulation in post-mastectomy neuropathic pain: A case report // *Anaesth Intensive Care*. 2023 Dec 2;310057X231199800. doi: 10.1177/0310057X231199800. Online ahead of print.
13. Hetta D.F. et al. Pulsed Radiofrequency on Thoracic Dorsal Root Ganglion Versus Thoracic Paravertebral Nerve for Chronic Postmastectomy Pain, A Randomized Trial: 6-Month Results / Hetta D.F., Mohamed S.A.B., Mohamed K.h. et al. // *Pain Physician*, 23(1), 23-35. URL: <https://www.painphysicianjournal.com/current/pdf?article=NzAwMw%3D%3D&journal=124> (дата обращения: 11 декабря 2023 г.).
14. Turgay T, Denkçeken T. The effect of low-level laser therapy on quality of life in postmastectomy lymphedema patients // *Biomed. Res. Ther.*; 7(9):3971-3976. doi:10.15419/bmrat.v7i9.628.
15. Жаворонкова В.В. с соавт. Постмастэктомический флеботромбоз и методы физической терапии / Жаворонкова В.В., Грушина Т.И., Александрова Н.П. // *Физиотерапевт*. 2023, № 4. С. 7–14. ISSN: 2074-9961. doi: 10.33920/med-14-2304-01.
16. Герасименко М.Ю., Евстигнеева Г.С., Козарева В.О. ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ И ОБЩЕЙ МАГНИТОТЕРАПИИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ // *Физиотерапевт*. 2022, № 1. С. 47–58. doi 10.33920/med-14-2202-06.
17. Евстигнеева Г.С., Герасименко М.Ю., Есимова И.Е. Применение физических факторов на I этапе медицинской реабилитации после радикального хирургического лечения рака молочной железы // *Вестн. восстановит. мед.* 2022, Т. 21. № 2. С. 127–138. doi: 10.38025/2078-1962-2022-21-2-127-138.
18. Шаржанова Н.А., Вазанов А.А. Применение физических факторов в реабилитации больных с постмастэктомическим синдромом // *Материалы 1-го международного форума онкологии и радиологии*. М. 23–27 сентября 2019 г. С. 293. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-fizicheskikh-faktorov-v-reabilitatsii-bolnyh-s-postmasteptomicheskim-sindromom/viewer> (дата обращения: 23 декабря 2023 г.).
19. Приложение к Порядку диспансерного наблюдения за взрослыми с онкологическими заболеваниями, утвержденному приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 4 июня 2020 г. N 548н.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА

Реуков Алексей Семенович – к.м.н., зав. каб. рефлексотерапии и пункциурной физиотерапии, тел.: 8 (921) 920-76-04, e-mail: reukov_AS@almazovcentre.ru; Преснухина Александра Петровна – лаборант кабинета рефлексотерапии и пункциурной физиотерапии, e-mail: presnu-khina_ar@almazovcentre.ru.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ, В ТОМ ЧИСЛЕ И У СПОРТСМЕНОВ

УДК 615.825

В.С. Фещенко^{1,2}, Г.Е. Иванова^{2,3}, В.В. Кармазин¹, В.В. Завьялов¹, М.Г. Оганнисян¹,
А.В. Сливин^{1,2}, Д.В. Жури⁴, С.А. Базанович¹, Б.Б. Поляев^{2,3}, М.А. Булатова^{2,3}, С.А. Парастаев^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр спортивной
медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России)

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России)

³Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр мозга и нейротехнологий»
Федерального медико-биологического агентства (ФГБУ «ФЦМН» ФМБА России)

⁴Индивидуальный предприниматель

РЕЗЮМЕ

Проведен поиск и анализ данных актуальных исследований прикладного характера, раскрывающих возможности по использованию аппаратно-программных комплексов, включающих в себя устройства сбора биологических показателей (датчики) и специализированного программного обеспечения для их обработки с целью дистанционной реабилитации, мониторинга состояния здоровья и автоматизированного контроля процесса выполнения реабилитационных программ. Отдельно рассмотрены некоторые программы, применяющиеся в сфере спортивной реабилитации, нейрореабилитации и у пациентов с соматическими заболеваниями. Отмечены преимущества применения дистанционных технологий восстановления в реальной клинической практике. Обозначены проблемы, препятствующие широкому распространению телемедицинских технологий, а также направления дальнейших исследований.

Источник финансирования: работа выполнена в рамках прикладной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка лечебно-диагностического аппаратно-программного комплекса на базе мобильного устройства для восстановления спортивной работоспособности, реабилитации и дистанционного контроля состояния здоровья спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации вне медицинских организаций» (Шифр – «Телереабилитация-22»), государственный контракт ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России на 2022 г., № 107.001.22.14.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ключевые слова: носимые устройства в реабилитации, датчики, дистанционная реабилитация, мониторинг состояния здоровья, телемедицина в реабилитации, телемедицина, мобильные устройства в медицине.

A REVIEW OF THE LITERATURE ON THE USE OF MOBILE DEVICES FOR REMOTE REHABILITATION, HEALTH MONITORING AND AUTOMATED CONTROL OF THE PROCESS OF REHABILITATION PROGRAMS, INCLUDING ATHLETES

V.S. Feshenko^{1,2}, G.E. Ivanova^{2,3}, V.V. Karmazin¹, V.V. Zavyalov¹, M.G. Oganisyan¹,
A.V. Slivin^{1,2}, D.V. Zhurin⁴, S.A. Bazanovich¹, B.B. Polyayev^{2,3}, M.A. Bulatova^{2,3}, S.A. Parastaev^{1,2}

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

²Pirogov Russian National Research Medical University, Russia

³Federal Center for Cerebrovascular Pathology and Stroke, Russia

⁴Self-employed

ABSTRACT

The search and analysis of data from relevant applied research has been carried out, revealing the possibilities for using hardware and software complexes, including devices for collecting biological indicators (sensors) and specialized software for processing them for the purpose of remote rehabilitation, health monitoring and automated control of the process of performing rehabilitation programs. Some programs used in the field of sports rehabilitation, neurorehabilitation and in patients with somatic diseases are considered separately. The advantages of using remote recovery technologies in real clinical practice are noted. The problems hindering the widespread dissemination of telemedicine technologies, as well as directions for further research, are outlined.

Keywords: *wearable devices in rehabilitation, sensors, remote rehabilitation, health monitoring, telemedicine in rehabilitation, telemedicine, mobile devices in medicine.*

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг и анализ биоэлектрических сигналов человека и данных о движении может помочь в диагностике, профилактике и исследовании широкого спектра заболеваний и состояний. Дистанционный мониторинг организма все более востребован в сфере здравоохранения, в том числе и в спортивной медицине [1]. Причиной этой актуализации является активное развитие электроники, наблюдаемое в последние годы [2]. Анализ большого количества данных позволяет определить референсные интервалы показателей, помогающие в диагностике [3]. Более того, использование дистанционного мониторинга может благоприятно повлиять на спортивный результат [4, 5] и/или ускорить процесс реабилитации пациентов [6, 7].

Медицинская реабилитация – сложный, продолжительный и финансово затратный процесс восстановления функционального состояния организма после травм и перенесенных заболеваний. Индивидуальный подход к каждому пациенту обуславливает необходимость поиска и разработки новых технологий в методике оказания реабилитационной помощи. Один из принципов успешного реабилитационного процесса – непрерывность, которая в большинстве случаев нарушается после перевода пациентов на амбулаторный этап и/или на этап самостоятельной реабилитации. В случае спортсменов этап самостоятельной реабилитации осуществляется на спортивных сборах, которые проходят в разных городах или даже странах без мониторинга со стороны медицинского персонала, что требует высокой комплаентности.

Использование дистанционных технологий, в частности разработка мобильного приложения, может помочь преодолеть трудности в реабилитационном процессе. Потенциально полезное приложение должно четко отслеживать техники выполнения лечебных упражнений и передавать информацию врачу, быть простым в использовании для пациента, особенно в домашних условиях, а также активно контролировать ход выполнения реабилитационной программы, назначенной врачом.

Цель настоящего обзора – поиск оптимального инструмента, который имеет потенциально широкие возможности для решения проблем в сфере телемедицины.

Системы и датчики для дистанционной реабилитации и мониторинга здоровья

Носимые мобильные устройства и датчики позволяют мониторить многие показатели (например, ЧСС, насыщение крови кислородом и режим сна [Рис. 1]) [8, 9]. Кроме того, приложения для смартфонов способны осуществлять мониторинг пользователя при физической активности, такой как ходьба, бег и езда на велосипеде, включая выполнение лечебных упражнений [10, 11].

Zarić и соавт. разработали систему для предотвращения риска повторных травм у пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) [12]. Система была основана на сборе данных, полученных от датчиков температуры, электромагнитного датчика, датчика движения, времени, тензодатчика, для выявления потенциально опасных ситуаций и отбраковки предупреждающих сообщений. В результате исследования был сделан вывод: для обеспечения лучшего функционирования системы

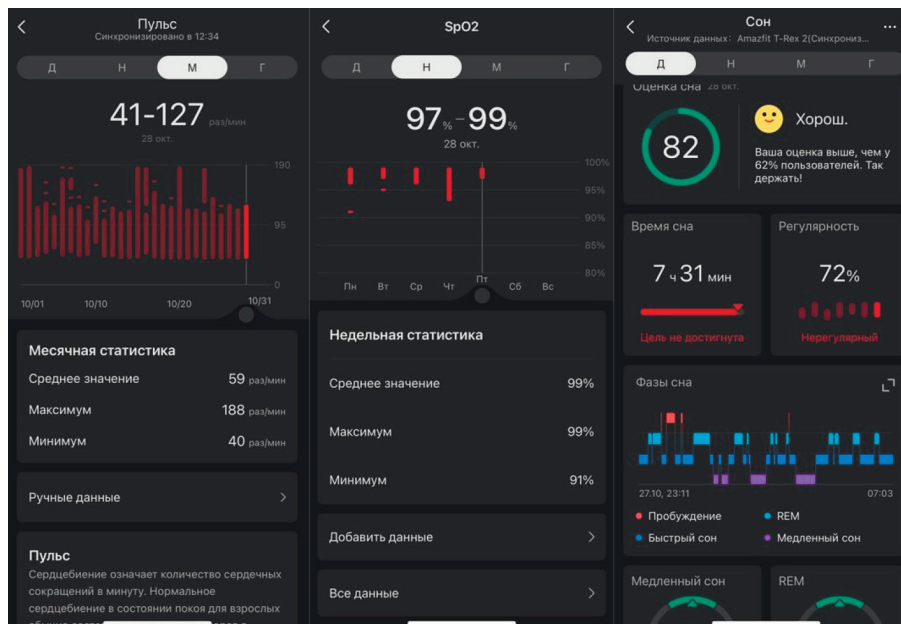


Рис. 1 – Мониторинг ЧСС, насыщения крови кислородом и режима сна

важно внедрить механизм дистанционного управления для предупреждения потенциальных рисков ситуаций [12].

Во многих исследованиях обсуждалось использование датчиков для оценки подошвенного давления стоп [13–15]. В исследовании Mohamed и соавт. сообщалось о носимой мобильной системе, способной оценивать походку и равновесие. Исследование показало, что датчики давления, расположенные под стопой, хорошо подходят для оценки походки и динамического равновесия [13].

В работе Ngamsuriyaroj и соавт. использовались инерциальные датчики (ИД) и датчики давления для анализа походки, измерения угла при сгибании и разгибании колена и оценки подошвенного давления стоп во время ходьбы [14]. Сигналы подошвенного давления получали с помощью стельки с шестью датчиками, распределенными в некоторых точках стопы в соответствии с фазами движения. Также информация об угле сгибания/разгибания колена поступала от четырех инерциальных датчиков. Программное обеспечение (ПО) собирало данные и анализировало паттерны движения [14].

Pani и соавт. сообщили о производстве текстильных электродов, основанных на поверхностной электромиографии (пЭМГ), что особенно актуально для реабилитации, тренировок и оценки мышечной функции [16].

Виртуальная реальность (VR) является мощным инструментом в процессе реабилитации после черепно-мозговой травмы [17]. VR снижает потребность в госпитализации, а также стимулирует несколько областей мозга, способствуя восстановлению поврежденных нейронов. Эта технология использует датчик Kinect® и датчик Leap Motion для отслеживания движений рук и положения тела. Таким образом, были применены две тренировочные системы, которые позволили улучшить диапазон движения пальцев рук и восстановить нарушенный постуральный баланс [17].

Подход к захвату движения на основе оптоэлектронных маркеров (ОЭМ) представляет собой золотой стандарт в биомеханике. Системы ОЭМ использовались для множества приложений при анализе как здоровых, так и связанных с патологией моделей движения [18, 19]. Альтернативным решением являются носимые инерциальные датчики (НИД). Эта технология действительно портативная, простая в использовании и может регистрировать данные в режиме реального времени. Сообщалось о различных вариантах использования НИД: несколько вариантов датчиков использовались для оценки как здоровых, так и нарушенных паттернов движения [20–22].

Активное использование и внедрение в практику НИД может оказать сильное влияние на реабилитацию пациентов с повреждениями передней

крестообразной связки (ПКС). Специалисты, работающие со спортсменами, могут индивидуализировать профилактические мероприятия, имея информацию о конкретных биомеханических предикторах риска травмы ПКС. Исправление нарушенных паттернов движения является основной целью нервно-мышечной тренировки, используемой спортивными врачами и хирургами-ортопедами на этапе реабилитации [23–29].

Проведенные исследования продемонстрировали высокую точность и воспроизводимость результатов использования НИД по сравнению с ОЭМ [21, 30–32]. Однако на настоящий момент времени о широком использовании технологии НИД для биомеханической оценки спортсменов во время реабилитации ПКС не сообщалось. Безусловным преимуществом НИД, потенциально расширяющим их применение в сфере телереабилитации, является простота их использования, компактность датчиков, отсутствие необходимости в дополнительном сложном оборудовании, обеспечивающем их применение, что делает НИД привлекательными для использования в практике физической и реабилитационной медицины.

Мониторинг двигательной активности явился одной из главных целей исследовательских групп, изучающих клиническое применение носимых мобильных устройств. Первоначально основное внимание уделялось использованию линейных акселерометров или комбинации линейных акселерометров и электромиографических датчиков для регистрации движения и мышечной активности, связанных с заданным набором двигательных задач [33–38]. Обращает на себя внимание отечественный диагностический биомеханический комплекс «Trust-M», сочетающий в себе линейный акселерометр, гироскоп и электромиографический датчик. Исследование двигательных задач проводилось в совокупности с оценкой кардиореспираторных данных, например, при ведении пациентов с хронической обструктивной болезнью легких [39].

При разработке системы самостоятельной реабилитации с использованием смарт-часов важным вопросом стало определение типов датчиков, обеспечивающих максимальную точность. Согласно данным многих авторов, сочетанное использова-

ние акселерометра и гироскопа позволяет получить наиболее точные данные [39–46]. В частности, Нуун и соавт. определяли падения с помощью ИД, закрепленного на груди с высокой точностью [47].

Для дистанционной реабилитации могут использоваться различные типы датчиков (акселерометры, гироскопы, тензодатчики, датчики ЭКГ, датчики температуры), отслеживающие параметры, важные в процессе восстановления функции организма (например, ЭКГ, уровень глюкозы в крови, насыщение крови кислородом, температуру тела, частоту сердечных сокращений и дыхательных движений). Резюмируя вышеизложенное, использование носимого датчика во время реабилитации может: обеспечить объективные измерения нарушений, отслеживать качество и скорость улучшения результатов лечебных упражнений в домашних условиях, позволить пациентам отслеживать собственный прогресс для увеличения приверженности к лечению.

Мобильные устройства в спортивной реабилитации

Носимые умные устройства не только помогают людям вести более здоровый образ жизни, но и обеспечивают постоянный поток медицинских данных для диагностики, лечения и реабилитации заболеваний, активно регистрируя физиологические параметры и отслеживая метаболический статус [48]. В области восстановительной медицины носимые устройства используются в основном в спортивной реабилитации [49], когнитивной реабилитации [50] и в качестве реабилитационных средств для людей с ограниченными возможностями [51].

Биомеханическая оценка движений человека представляет собой ключевой инструмент для понимания нормальных и патологических паттернов. В контексте спорта специфичные паттерны приводят к повышенному риску тяжелых травм, таких как травма ПКС [18, 52–54]. Травма ПКС имеет выраженные негативные последствия: возвращение в спорт после травмы не гарантировано, высока частота рецидива травмы (до 30 %), риск развития посттравматического остеоартрита увеличивается в 4 раза [55–57]. Все крупные суставы нижней конечности играют роль в механизме повреждения ПКС [52, 58, 59]. Специальная нервно-мышечная

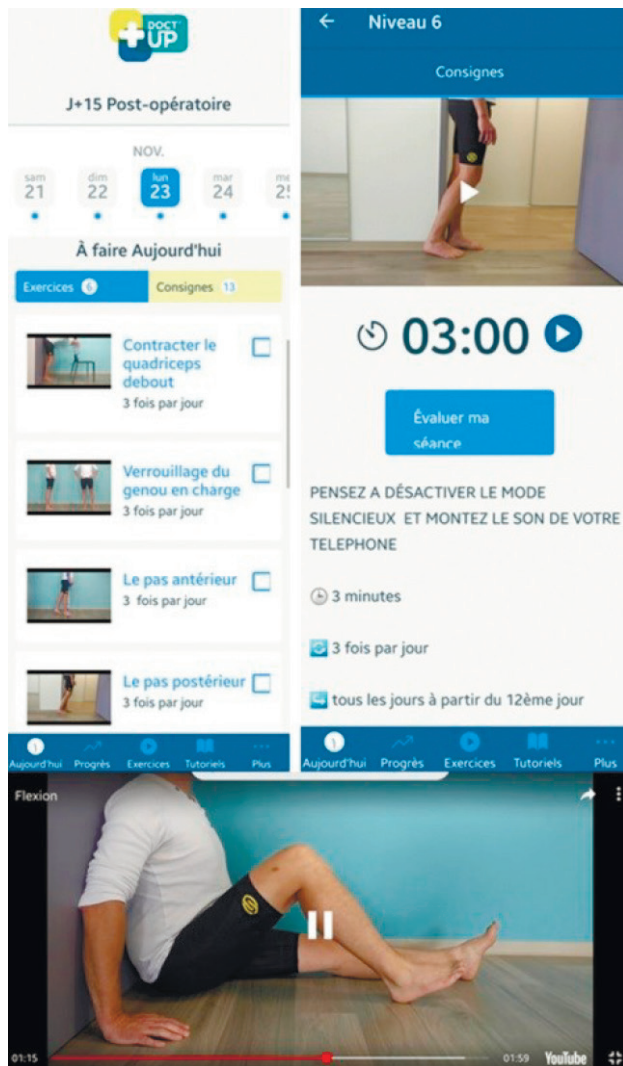


Рис. 2 – Интерфейс мобильного приложения Doctup® [68]
тренировка была предложена для изменения специфических паттернов на этапе реабилитации после травмы [23, 24, 60, 61].

Однозначный интерес вызывает исследование, проведенное Foissey и соавт., в котором оценивалась степень мотивации и вклад самореабилитации с использованием мобильного приложения в сочетании с сеансами физиотерапии в раннюю реабилитацию коленного сустава после реконструкции ПКС [62]. Интерфейс мобильного приложения представлен на рис. 2.

Авторы сообщили, что 91 % пациентов использовали приложение в течение 10 дней, 62 % исследуемых пользовались приложением в течение 21 дня и 44 % продолжали его использовать спустя 45 дней. Через 3 недели доля пациентов, отмечавших боль при выполнении упражнений, была значительно ниже среди пользователей приложения,

чем среди тех, кто не использовал приложение (17 % против 49 %, $P = 0,026$). У тех, кто не использовал приложение, вероятность развития сгибательной контрактуры была в два раза выше (32 % против 17 %, $P = 0,032$). Наблюдалась тенденция к лучшей фиксации четырехглавой мышцы бедра при ходьбе без костылей в группе пользователей (79 % против 87 %, $P = 0,046$). Авторы пришли к выводу, что самореабилитация под контролем мобильного приложения в сочетании со стандартным протоколом реабилитации коррелирует с лучшей функцией коленного сустава при раннем восстановлении [62].

В исследовании Ramos и соавт. проверялось влияние угла подвижности плечевого и локтевого суставов с помощью мобильного приложения на эффективность реабилитационных мероприятий у пациентов с болью в плечевом или локтевом суставах. В результате проведенного исследования было продемонстрировано, что мобильное приложение является надежным инструментом и может быть полезным для пациентов с болевым синдромом в плечевом или локтевом суставах. Высокая чувствительность измерения может помочь клиницистам в последующей реабилитации пациентов и оценке ее успехов [63].

Импиджмент-синдром, синдром замороженного плеча, подвывих плечевого сустава – эти и другие патологии часто встречаются у профессиональных спортсменов и способствуют развитию ограничения подвижности в плечевом суставе. Carbonaro и соавт. было разработано мобильное приложение ShoulPhy для физиотерапии с удаленным контролем [64]. Это приложение работает с носимыми датчиками и передовыми методами биомеханической реконструкции. В приложении реализовали классические упражнения для реабилитации плечевого сустава, которые пациент может выполнять дома. Авторы показали, что приложение способно предоставить пациенту и врачу соответствующую обратную связь о качестве реабилитации. Система способна обнаруживать появление компенсаторных движений, что имеет решающее значение для использования ShoulPhy в реальных телереабилитационных сценариях. Несмотря на обнадеживающие предварительные результаты, необходимо

оценить систему на большем количестве вовлеченных сторон, включая здоровых людей, пациентов и врачей [64].

Для спортивной реабилитации важна точная оценка диапазона углов, в рамках которого выполняется упражнение, о чем не было сообщено ни в одном из анализируемых нами исследований. Имеющиеся мобильные приложения не позволяют полноценно оценивать процесс выполнения упражнений и не прошли апробацию на достаточном числе пациентов, особенно среди контингента высококвалифицированных спортсменов.

Мобильные устройства для нейрореабилитации

В настоящее время реабилитация нижних конечностей у пациентов с инсультом сосредоточена в основном на тренировке ходьбы [65]. Носимое устройство можно использовать для мониторинга параметров походки пациента и обеспечения обратной связи, чтобы помочь врачу оценить выздоровление пациента в режиме реального времени, чтобы можно было соответствующим образом скорректировать план лечения. Hsu и соавт. использовали носимый датчик для анализа и классификации характеристик походки у пациентов с неврологическими расстройствами, чтобы задавать вектор развития реабилитационной программы [66]. Показано, что в случаях гемиплегии одной конечности, вызванной неврологическим заболеванием, восстановление функции руки отстает от других функций, хотя осанка и походка могут быть значительно улучшены [67]. Maceira-Elvira и соавт. использовали носимые тренажеры для реабилитации после инсульта для поддержки пациентов, выполняющих индивидуальную программу нейромоторной тренировки верхних конечностей в домашних условиях [68]. Встроенный беспроводной датчик записывает амплитуду движений пациента, анализирует данные и передает их пациенту и терапевту, тем самым дополнительно улучшая восстановление функций верхних конечностей пациента. Используя оптимизированную носимую перчатку, Ciotti и соавт. использовали технологию реконструкции положения рук для определения диапазона движения верхних конечностей, что позволило в режиме реального времени записывать

и получать обратную связь о восстановлении функции руки пациента [69].

Еще один важный вопрос касается выполнения лечебных упражнений пациентами самостоятельно, на дому. Поскольку в большинстве случаев реабилитация после ЧМТ проводится без присмотра врача в домашних условиях, пациенты могут выполнять упражнения в меньшем объеме, чем необходимо, или выполнять их неправильно, что может, в свою очередь, повлиять на реабилитационный процесс [70–73]. У людей с вестибулярной патологией нарушена проприоцепция, например, восприятие положения головы относительно положения туловища [74]. Учитывая, что ЧМТ часто является диффузным повреждением головного мозга, при котором возможны вестибулярные нарушения, пациенты могут быть не в состоянии успешно выполнять предписанные движения. Такие пациенты могут избегать выполнения упражнений или ограничивать диапазон движений головы, чтобы минимизировать субъективные симптомы. Более того, незначительные нарушения движения головы и шеи могут не обнаруживаться визуальными клиницистами [75]. Одним из возможных решений этой проблемы может стать применение дистанционных носимых устройств, которые предоставят врачам объективную обратную связь, что поможет адаптировать программы восстановительных мероприятий под каждого конкретного пациента.

Мобильные устройства для реабилитации пациентов с иной патологией

Представляется интересной разработка мобильного приложения Rodríguez-Sánchez-Laulhé и соавт. для реабилитации пациентов с ревматоидным артритом посредством лечебных упражнений [76, 77]. Авторы пришли к выводу, что пациенты с ревматоидным артритом суставов рук, которые использовали приложение CareHand, сообщили о лучших результатах в краткосрочной и среднесрочной перспективе в отношении общей функции руки, работоспособности, боли и удовлетворенности по сравнению с контрольной группой. Результаты этого исследования показывают, что приложение CareHand является многообещающим инструментом для предоставления рекомендаций по лечебным упражнениям и самоконтролю. Одна-

ко авторы подчёркивают, что необходимо проявить определённую осторожность в трактовке результатов исследования, поскольку у некоторых пациентов наблюдались технические сложности с использованием мобильного приложения [76, 77].

В мета-анализе Hannan и соавт. оценивается влияние носимых устройств мониторинга физической активности (НУМФА) на реабилитацию пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [78]. Были включены девять исследований с участием 1352 человек. Авторы пришли к выводу, что кардиореспираторная выносливость была улучшена в большей степени у участников, использующих НУМФА с назначением упражнений или рекомендациями, по сравнению с контрольной группой ($p = 0,001$). Было обнаружено значительное увеличение времени, затрачиваемого на физическую активность умеренной и средней интенсивности. Не сообщалось о побочных явлениях со стороны сердца, связанных с физической активностью, а 62 % нежелательных явлений некардиального характера были в основном связаны с травмами опорно-двигательного аппарата. Психологическое здоровье и интенсивность физических упражнений потенциально могут быть улучшены с помощью НУМФА и четким рекомендациям относительно параметров выполнения упражнений, однако необходимы дальнейшие исследования, чтобы подтвердить полученные выводы [78].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на активное развитие дистанционных систем контроля здоровья, по-прежнему существует множество сложностей, препятствующих широкому использованию систем для помощи в реабилитации и удаленном наблюдении: от сложности и дороговизны оборудования, если оно вообще имеется, до скептицизма пациентов относительно того, что дистанционная клиническая реабилитация так же надежна, как и традиционная. С точки зрения медицинского работника существует потребность в соответствующем обучении и курсах, которые научат использованию дистанционных систем.

Необходимо сосредоточиться на поиске наиболее релевантных биологических параметров для мониторинга и методик их анализа, определения конкретных

медицинских условий использования дистанционных технологий реабилитации [79]. Нет четкой уверенности в том, какой подход или какая стратегия лучше, но однозначно можно сказать, что удаленный мониторинг в сочетании с точным управлением реабилитационным процессом и запланированными очными посещениями специалиста является оптимальным решением на сегодняшний день.

Настоящий обзор продемонстрировал, что на текущий момент времени отсутствует эффективный дистанционный инструмент оценки и контроля реабилитационного процесса, что актуализирует вопрос об использовании технологий удаленного доступа для решения проблем в сфере телемедицины, в частности дистанционной реабилитации спортсменов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Estimation of human trunk movements by wearable strain sensors and improvement of sensor's placement on intelligent biomedical clothes // *Biomedical engineering online*. – 2012; 11. – P. 1–8.
2. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2012; 9(1). – P. 1–17.
3. Privacy protection for e-health systems by means of dynamic authentication and three-factor key agreement // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2017; 65(3). – P. 2795–2805.
4. Wearable devices for sports: new integrated technologies allow coaches, physicians, and trainers to better understand the physical demands of athletes in real time // *IEEE pulse*. – 2017; 8(1). – P. 38–43.
5. Continuous athlete monitoring in challenging cycling environments using IoT technologies // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2019; 6(6). – P. 10875–10887.
6. Rossi M., Rizzi A., Lorenzelli L., Brunelli D. Remote rehabilitation monitoring with an IoT-enabled embedded system for precise progress tracking (Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)), Monte Carlo, Monaco, 2016; 384–387 p.
7. The KIMORE dataset: Kinematic assessment of Movement and clinical scores for remote monitoring of physical REhabilitation // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2019; 27(7). – P. 1436–1448.

8. A multisensory approach for remote health monitoring of older people // *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*. – 2018; 2(2). – P. 102–108.
9. Dudak P., Sladek I., Dudak J., Sevidy S. Application of inertial sensors for detecting movements of the human body (Proceedings of the 2016 17th International Conference on Mechatronics – Mechatronika (ME)), Prague, Czech Republic, 2016; 1–5 p.
10. Performance analysis of smartphone-sensor behavior for human activity recognition // *Ieee Access*. – 2017; 5. – P. 3095–3110.
11. Feasibility, validity and reliability of objective smartphone measurements of physical activity and fitness in patients with cancer // *BMC cancer*. – 2018; 18. – P. 1–7.
12. Zaric N., Djuricic M.P. Low cost intelligent notification and alarming system for ambient assisted living applications (Proceedings of the 2017 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)), Barcelona, Spain, 2017; 259–262 p.
13. Gait and dynamic balance sensing using wearable foot sensors // *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. – 2018; 27(2). – P. 218–227.
14. Ngamsuriyaroj S., Chira-Adisai W., Somnuk S., Leksunthorn C., Saiphim K. Walking Gait Measurement and Analysis via Knee Angle Movement and Foot Plantar Pressures (Proceedings of the 2018 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)), Nakhonpathom, Thailand, 2018; 1–6 p.
15. Insole-based estimation of vertical ground reaction force using one-step learning with probabilistic regression and data augmentation // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2019; 27(6). – P. 1217–1225.
16. Validation of polymer-based screen-printed textile electrodes for surface EMG detection // *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. – 2019; 27(7). – P. 1370–1377.
17. Swee S.K., You L.Z., Hang B.W.W., Kiang D.K.T. Development of rehabilitation system using virtual reality (Proceedings of the 2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)), Melaka, Malaysia, 2017; 1–6 p.
18. Sagittal plane hip, knee, and ankle biomechanics and the risk of anterior cruciate ligament injury: a prospective study // *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. – 2017; 5(12). – P. 2325967117745487.
19. Preventive biomechanics: a paradigm shift with a translational approach to injury prevention // *The American journal of sports medicine*. – 2017; 45(11). – P. 2654–2664.
20. Reliability of 3D gait data across multiple laboratories // *Gait & posture*. – 2016; 49. – P. 375–381.
21. Validity and reliability of wearable sensors for joint angle estimation: A systematic review // *Sensors*. – 2019; 19(7). – P. 1555.
22. Accuracy of human motion capture systems for sport applications; state-of-the-art review // *European journal of sport science*. – 2018; 18(6). – P. 806–819.
23. Effectiveness of neuromuscular training based on the neuromuscular risk profile // *The American journal of sports medicine*. – 2017; 45(9). – P. 2142–2147.
24. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up // *The American journal of sports medicine*. – 2005; 33(7). – P. 1003–1010.
25. Agreement between Inertia and Optical Based Motion Capture during the VU-Return-to-Play-Field-Test // *Sensors*. – 2020; 20(3). – P. 831.
26. Biomechanical but not strength or performance measures differentiate male athletes who experience ACL reinjury on return to level 1 sports // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2021; 49(4). – P. 918–927.
27. Anterior cruciate ligament injury mechanisms and the kinetic chain linkage: The effect of proximal joint stiffness on distal knee control during bilateral landings // *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. – 2019; 49(8). – P. 601–610.
28. Trunk and hip control neuromuscular training to target inter limb asymmetry deficits associated with anterior cruciate ligament injury // *Physical Therapy in Sport*. – 2019; 38. – P. 71–79.
29. Can biomechanical testing after anterior cruciate ligament reconstruction identify athletes at risk for subsequent ACL injury to the contralateral uninjured limb? // *The American journal of sports medicine*. – 2021; 49(3). – P. 609–619.
30. Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review // *Sensors*. – 2018; 18(3). – P. 873.

31. Validation of inertial measurement units with an optoelectronic system for whole-body motion analysis // *Medical & biological engineering & computing*. – 2017; 55. – P. 609–619.
32. Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics // *Physiological measurement*. – 2013; 34(8). – P. N63–N69.
33. Method for objective assessment of physical work load at the workplace // *Ergonomics*. – 1998; 41(10). – P. 1519–1526.
34. Quantification of physical activities by means of ambulatory accelerometry: a validation study // *Psychophysiology*. – 1998; 35(5). – P. 488–496.
35. Physical activity monitoring based on accelerometry: validation and comparison with video observation // *Medical & biological engineering & computing*. – 1999; 37. – P. 304–308.
36. Motion pattern and posture: correctly assessed by calibrated accelerometers // *Behavior research methods, instruments, & computers*. – 2000; 32(3). – P. 450–457.
37. Ambulatory measurement of upper limb usage and mobility-related activities during normal daily life with an upper limb-activity monitor: a feasibility study // *Medical and Biological Engineering and Computing*. – 2002; 40. – P. 173–182.
38. Sherrill DM, Bonato P, De Luca CJ. A neural network approach to monitor motor activities (Material of the Second Joint Conference EMBS-BMES), Houston (Texas), 2002; 52–53 p.
39. Chen Y, Xue Y. A Deep Learning Approach to Human Activity Recognition Based on Single Accelerometer (Materials of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics), Kowloon, China, 2015; 1488–1492 p.
40. Weiss G, Timko J, Gallagher C, Yoneda K, Schreiber A. Smartwatch-based activity recognition: A machine learning approach (Materials of the IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)), Las Vegas, NV, USA, 2016; 426–429 p.
41. Lee KS, Chae S, Park HS. Optimal Time-Window Derivation for Human-Activity Recognition Based on Convolutional Neural Networks of Repeated Rehabilitation Motions (Materials of the IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)), Toronto, ON, Canada. 2019; 583–586 p.
42. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia // *American journal of physical medicine & rehabilitation*. – 2013; 92(10). – P. 871–880.
43. Mortazavi B, Pourhomayoun M, Alsheikh G, Alshurafa N, Lee S, Sarrafzadeh M. Determining the single best axis for exercise repetition recognition and counting on smartwatches. (Materials of the 11th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks), Zurich, Switzerland, 2014; 33–38 p.
44. User-independent recognition of sports activities from a single wrist-worn accelerometer: A template-matching-based approach // *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. – 2015; 63(4). – P. 788–796.
45. A combination of indoor localization and wearable sensor-based physical activity recognition to assess older patients undergoing subacute rehabilitation: Baseline study results // *JMIR mHealth and uHealth*. – 2019; 7(7). – P. e14090.
46. Interactive wearable systems for upper body rehabilitation: a systematic review // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2017; 14(1). – P. 1–21.
47. Optimization of an accelerometer and gyroscope-based fall detection algorithm // *Journal of Sensors*. – 2015; 2015. – P. 1–8.
48. Wearable health devices in health care: narrative systematic review // *JMIR mHealth and uHealth*. – 2020; 8(11). – P. e18907.
49. Wearable sensors in ambulatory individuals with a spinal cord injury: from energy expenditure estimation to activity recommendations // *Frontiers in neurology*. – 2019; 10. – P. 1092.
50. Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2016; 13. – P. 1–12.
51. Tracking down a solution: exploring the acceptability and value of wearable GPS devices for older persons, individuals with a disability and their support persons // *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. – 2017; 12(8). – C. 822–831.
52. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases // *British journal of sports medicine*. – 2020; 54. – P. 1423–1432.

53. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study // *The American journal of sports medicine*. – 2005; 33(4). – P. 492–501.
54. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2009; 17. – P. 705–729.
55. Stiff landings are associated with increased ACL injury risk in young female basketball and floorball players // *The American journal of sports medicine*. – 2017; 45(2). – P. 386–393.
56. Exploring the high reinjury rate in younger patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction // *The American journal of sports medicine*. – 2016; 44(11). – P. 2827–2832.
57. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis // *The American journal of sports medicine*. – 2016; 44(7). – P. 1861–1876.
58. Knee osteoarthritis risk is increased 4–6 fold after knee injury—a systematic review and meta-analysis // *British journal of sports medicine*. – 2019; 53(23). – P. 1454–1463.
59. ACL rupture is a single leg injury but a double leg problem: too much focus on 'symmetry' alone and that's not enough! // *British journal of sports medicine*. – 2018; 52. – P. 1029–1030.
60. Muscle activation during ACL injury risk movements in young female athletes: A narrative review // *Frontiers in physiology*. – 2018; 9. – P. 445.
61. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates // *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. – 2009; 17. – P. 859–879.
62. Self-rehabilitation guided by a mobile application after anterior cruciate ligament reconstruction leads to improved early motion and less pain // *Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation*. – 2021; 3(5). – P. e1457–e1464.
63. Shoulder and elbow joint position sense assessment using a mobile app in subjects with and without shoulder pain-between-days reliability // *Physical Therapy in Sport*. – 2019; 37. – P. 157–163.
64. Tele-monitoring and tele-rehabilitation of the shoulder muscular-skeletal diseases through wearable systems // 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). – 2018. – P. 4410–4413.
65. Variables influencing wearable sensor outcome estimates in individuals with stroke and incomplete spinal cord injury: a pilot investigation validating two research grade sensors // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2018; 15. – P. 1–18.
66. Multiple-wearable-sensor-based gait classification and analysis in patients with neurological disorders // *Sensors*. – 2018; 18(10). – P. 3397.
67. Richard D Willmann, Gerd L, Privender S, Annick T, Jurgen te Vrugt, Stefan Winter. Home stroke rehabilitation for the upper limbs (Materials of the 29th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society), Lyon, France, 2007; 4015–4018 p.
68. Wearable technology in stroke rehabilitation: towards improved diagnosis and treatment of upper-limb motor impairment // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2019; 16(1). – P. 1–18.
69. A synergy-based optimally designed sensing glove for functional grasp recognition // *Sensors*. – 2016; 16(6). – P. 811.
70. Exercise prescription patterns in patients treated with vestibular rehabilitation after concussion // *Physiotherapy Research International*. – 2013; 18(2). – P. 100–108.
71. Rehabilitation outcome in home-based versus supervised exercise programs for chronically dizzy patients // *Archives of gerontology and geriatrics*. – 2010; 51(3). – P. 264–267.
72. Maderbacher P. The effect of brochure use versus therapist teaching on patients performing therapeutic exercise and on changes in impairment status // *Physical Therapy*. – 1996; 76(10). – P. 1082–1088.
73. Patient involvement with home-based exercise programs: can connected health interventions influence adherence? // *JMIR mHealth and uHealth*. – 2018; 6(3). – P. e8518.
74. Deficits and recovery of head and trunk orientation and stabilization after unilateral vestibular loss // *Brain*. – 2002; 125(4). – P. 880–894.
75. Inertial sensors reveal subtle motor deficits when walking with horizontal head turns after concussion //

- The Journal of head trauma rehabilitation. – 2019; 34(2). – P. E74.
76. A mobile app using therapeutic exercise and education for self-management in patients with hand rheumatoid arthritis: a randomized controlled trial protocol // *Trials*. – 2020; 21. – P. 1–12.
77. An exercise and educational and self-management program delivered with a smartphone APP (CareHand) in adults with rheumatoid arthritis of the hands: randomized controlled trial // *JMIR mHealth and uHealth*. – 2022; 10(4). – P. e35462.
78. Impact of wearable physical activity monitoring devices with exercise prescription or advice in the maintenance phase of cardiac rehabilitation: systematic review and meta-analysis // *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. – 2019; 11(1). – P. 1–21.
79. The need for dedicated advanced heart failure units to optimize heart failure care: impact of optimized advanced heart failure unit care on heart transplant outcome in high-risk patients // *ESC heart failure*. – 2018; 5(6). – P. 1108–1117.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ КОНТАКТА

Владимир Владимирович Завьялов, e-mail: vladimirzavialov22@gmail.com.

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «ЦИФРОВОЙ РЕАБИЛИТОЛОГ»

ВВЕДЕНИЕ

По данным Агентства стратегических инициатив РФ, увеличение количества людей, нуждающихся в физической реабилитации, является актуальной проблемой для всех регионов РФ. В первую очередь из-за того, что количество, скорость наступления и серьезность отклонений в функциональности опорно-двигательного аппарата (далее – ОДА) людей неуклонно растет.

Снизить рост количества людей, нуждающихся в физической реабилитации, возможно путем масштабного внедрения цифровых средств реабилитации, таких как предлагаемые в данной статье система и способы диагностики, профилактики и лечения заболеваний ОДА с помощью цифровых инструментов машинного зрения, онлайн-доступ к которым может быть равнодоступен для всех социальных групп в большинстве поселений регионов РФ. Особенно важным становится внедрение таких цифровых инструментов реабилитации для военнослужащих и участников боевых действий после травм, ранений и операций.

Система диагностики и лечения заболеваний ОДА основана на использовании цифровых инструментов машинного зрения, реализованных в форме программного комплекса «Цифровой реабилитолог». Для программного комплекса разработаны и внедрены 15 уникальных реабилитационных методик, при выполнении которых скелетная модель пользователя программного комплекса полностью распознается машинным зрением в видеопотоке. Программный комплекс «Цифровой реабилитолог» создан для оперативности проведения диагностики и точности определения нарушений в ОДА, обеспечения контроля прогресса лечения, оценки выполнения движений человека посредством машинного зрения, снижения риска получения травм или обострения заболеваний ОДА при самостоятельном выполнении

пациентом реабилитационных упражнений. Программный комплекс «Цифровой реабилитолог» состоит из пользовательского интерфейса, установленного на мобильный телефон, планшет или персональный компьютер, с помощью которого производится сбор анамнеза и цифровой информации для диагностики и лечения ОДА, а также серверной части, в которой производится глубокая обработка цифровой информации о состоянии ОДА человека и прогрессе его терапии.

Ниже в статье представлены алгоритмы способа диагностики и лечения ОДА при помощи программного комплекса «Цифровой реабилитолог». Указанный способ запатентован авторами статьи в 20 патентах, в т.ч. двух международных: № 2780164 от 20.09.2022, № 2786306 от 19.12.2022, № 2797176 от 31.05.2023, № 2808360 от 28.11.2023, № 139319 от 20.11.2023, № 2816045 от 26.03.2024, № 2816046 от 26.03.2024, № 2819503 от 21.05.2024, №2823853 от 30.07.2024 и др.

Часть 1. Способ диагностики нарушений в опорно-двигательном аппарате

Целью разработанного способа диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата является повышение оперативности проведения диагностики и точности определения нарушений в опорно-двигательном аппарате. Первоначально в модуле исходных данных программного комплекса «Цифровой реабилитолог» формируют базу данных, включающую в себя энциклопедические, научные и практические знания об этиологии и патогенезе заболеваний опорно-двигательного аппарата, средствах и приемах их лечения. А также формируют базу данных изображений эталонного выполнения диагностических упражнений, миофасциальной и функциональной диагностики отклонений опорно-двигательного аппарата с атласом эталонных значений степеней свободы суставов.

Реклама ООО "ЗЕЛЕНГРАДСКИЙ ЦЕНТР КИНЕЗИТЕРАПИИ" ИНН 7735511188 Erid CQH36pWzJqLwAKyB6wnz45Cs7Dy5Not83vG6WknA53eVAd

Далее человек, движения которого подлежат диагностике, размещается перед видеокамерой цифрового устройства (смартфона, планшета, ноутбука, ПК и т.п.), передающей его изображение в модуль программного анализа программного комплекса «Цифровой реабилитолог», в котором с применением технологии машинного зрения (см. Часть 2) производят построение трехмерной модели человека в кадре, включающей обозначения расположения ключевых суставов на изображении опорно-двигательного аппарата человека в виде опорных точек на его скелетной модели (см. Рис. 1).

В качестве опорных точек скелетной модели ОДА человека выделяют 35 основных точек (от нулевой до 34-й на рисунке выше), включающие (описание Рис. 1):

- точка 0 в области кончика носа;
- точки в начале (1), середине (2) и конце (3) левого глаза;
- точки в начале (4), середине (5) и конце (6) правого глаза;
- точки на левом (7) и правом (8) ухе;
- точки левого (9) и правого (10) уголков рта;
- точки левого плеча (11) и правого плеча (12);



Рис. 1 – Цифровая скелетная модель пациента, используемая в разработанном способе

- точки левого (13) и правого (14) локтей;
- точки левого (15) и правого (16) запястий;
- точки кончиков левого (17) и правого (18) мизинцев рук;
- точки кончиков левого (19) и правого (20) указательных пальцев рук;
- точки кончиков левого (21) и правого (22) больших пальцев рук;
- точки левого (23) и правого (24) тазобедренных суставов;
- точки левого (25) и правого (26) коленных суставов;
- точки левого (27) и правого (28) голеностопных суставов;
- точки левой (29) и правой (30) пяточных костей;
- точки левого (31) и правого (32) указательных пальцев ног.

Кроме упомянутых опорных точек 0–32 выделяют вспомогательные точки 33 и 34, образующие при их соединении центральную вертикальную ось скелетной модели и расположенные на середине отрезка, соединяющего опорные точки 11 и 12 для опорной точки 33, и середине отрезка, соединяющего опорные точки 23 и 24 для опорной точки 34 (см. Рис. 1).

В представленном способе диагностику отклонений в опорно-двигательном аппарате осуществляют в несколько этапов:

А. Сначала осуществляется сбор информации о пациенте и перенесенных им заболеваниях, включающий основные данные об образе жизни пациента, о перенесенных заболеваниях, о наследственности, об аллергологическом анамнезе, о хирургических вмешательствах, об эпидемиологическом анамнезе и т.д. Сбор осуществляют по медицинским книжкам (картам) пациента, а также по медицинским опросам и осмотрам. Полученные данные унифицируются в программном комплексе в форме электронных анкет пациента (пользователя), которые заполняются пациентом или врачом-диагностом в пользовательском интерфейсе программного комплекса.

Б. Далее производится миофасциальная диагностика (ее тоже производит врач-диагност, например, врач ЛФК, невролог, ортопед, травматолог

реклама

и т.п.), включающая в себя выявление отклонений в нарушении статики позвоночника и подвижности суставов, отклонении оси таза. Например, выявление наличия сколиоза, плоскостопия, гипертонуса в области паравертебральных мышц, выявление отклонений в объеме движений в плечевых суставах, выявление наличия гипертонуса в области крестца, ягодичных мышц, по задней поверхности бедра, в икроножных мышцах. Выявление отклонений в эластичности мышц передней поверхности бедра, объеме движения коленного, голеностопного и тазобедренного суставов. Определение способности поднять выпрямленную ногу, анализ на симптом Ласега. Выявление гипертонуса и отклонений в эластичности поясницы, гипертонуса и эластичности задней поверхности бедра.

В. Следующим этапом производится функциональная диагностика, включающая в себя выполнение набора специализированных диагностических упражнений, и диагност визуально определяет отклонения в ОДА пациента, в степенях свободы его суставов и в углах (величинах) раскрытия его суставов. При этом определяется физическое состояние пациента: какие упражнения или движения вызывают боль, какую амплитуду движения может выполнять пациент, одинаковые ли по силе конечности.

Г. Далее производится программная диагностика отклонений в ОДА при помощи программного комплекса «Цифровой реабилитолог». Пациент, находящийся перед видеокамерой цифрового устройства, под руководством диагноста или с применением набора тестовых видеофайлов выполняет диагностические движения и упражнения. Во время выполнения диагностических упражнений производится передача видеоизображений их выполнения пациентом в модуль программного анализа с применением технологии машинного зрения (см. Часть 2).

В модуле программного анализа обрабатывают и оценивают пространственное перемещение опорных точек скелетной модели ОДА пациента, определяя степени свободы и ограничения подвижности суставов ОДА. Полученные значения степеней подвижности суставов ОДА сравнивают с атласом эталонных значений степеней свободы

суставов, разработанным авторами данной статьи, в результате чего определяют ограничения функциональности и подвижности ОДА. Таким образом, программным комплексом фиксируется максимальная функциональность опорно-двигательного аппарата пациента на текущий момент с учетом всех имеющихся отклонений.

Данные, полученные по результатам программного анализа ОДА, сравнивают с результатами миофасциальной и функциональной диагностик, что позволяет уточнить или скорректировать врачебные решения для постановки диагноза, и формируют рекомендуемый перечень специализированных реабилитационных упражнений для коррекции и лечения выявленных отклонений функциональности ОДА пациента.

Полученные результаты анкетирования, а также сформированный видеоряд выполнения диагностических упражнений передают в серверную часть программного комплекса «Цифровой реабилитолог», в личный кабинет пациента.

Часть 2. Способ оценки выполнения движений человека посредством машинного зрения и анализа угловых перемещений опорных точек модели опорно-двигательного аппарата человека

Указанный выше способ диагностики опорно-двигательного аппарата как способ оценки правильности выполнения определенных движений человека может быть применим в различных областях человеческой деятельности, таких как медицина, спорт, производство, сфера услуг и др. Данный способ заключается в повышении точности оценки выполнения движений человека. Он основан на базах данных, первоначально созданных в модуле исходных данных программного комплекса: база данных изображений эталонного выполнения контрольного движения и атлас эталонных угловых значений раскрытия суставов в градусах по всем степеням свободы данных суставов. Указанные базы данных используются следующим образом:

1. Диагностируемый человек выполняет контрольное движение – повторяет его за инструктором на видео-упражнении, стоя перед видеокамерой цифрового устройства. Во время выполнения

контрольного движения человеком производится построение его цифровой скелетной модели в динамике движения и передача видеоизображения выполнения человеком движения в модуль программного анализа.

2. При этом производится оценка пространственного положения указанных выше точек построенной скелетной модели данного человека и их угловых перемещений относительно друг друга. Производится определение персональных угловых значений раскрытия суставов в градусах по всем степеням свободы диагностируемых суставов человека. После чего полученные персональные угловые значения раскрытия суставов сравниваются с эталонными угловыми значениями раскрытия суставов, указанными в упомянутом атласе эталонных значений.

Полученные таким образом данные угловых перемещений каждой опорной точки во время выполнения диагностических упражнений сравниваются с их угловыми перемещениями эталонного выполнения упражнений. Далее вычисляются проценты отклонений текущей метрики выполнения упражнений от эталонной метрики – по следующему принципу:

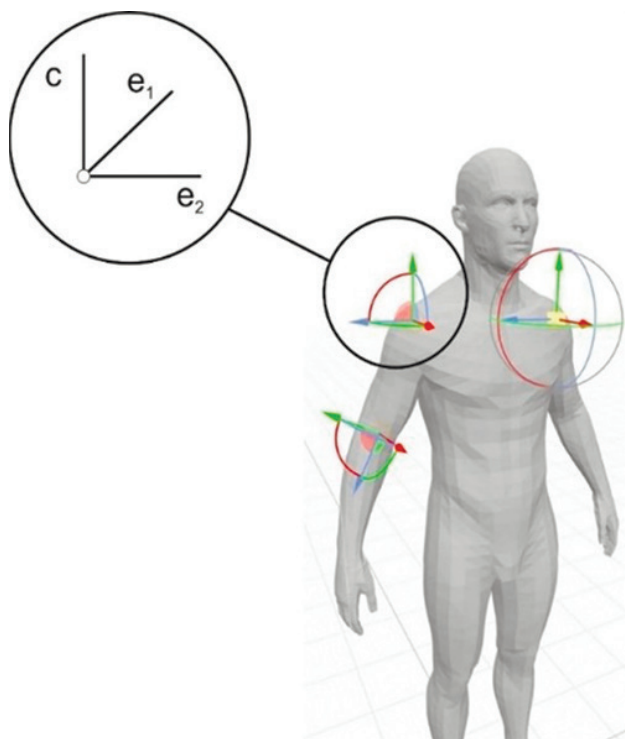


Рис. 2 – Построение локальных систем координат в опорных точках скелетной модели ОДА человека

- a. отклонение $< 15\%$, что означает норму;
- b. отклонение $15\text{--}25\%$, что означает небольшие отклонения;
- c. отклонение $25\text{--}50\%$, что означает патологию;
- d. отклонение $> 50\%$, что означает критическое заболевание ОДА или период его острого течения.

3. На следующем этапе производится статистическая обработка результатов: в способе технически реализована процедура оценки среднего отклонения персональных угловых значений раскрытия суставов от эталонных, а также оценки среднего по всем суставам для формирования окончательной оценки правильности выполнения движения. Указанная статистическая обработка позволяет «сгладить» появляющиеся вследствие неидеальной работы видеокамеры на цифровых устройствах пользователя аномальные статистические значения, тем самым обеспечив повышение точности оценки.

Исходя из вышеизложенного метода для оценки выполнения движений человека, используются главным образом измерения угловых перемещений скелетной модели опорно-двигательного аппарата человека (ОДА). Данное измерение производится с использованием оптических средств (цифровых видеокамер), а также средств компьютерного (машинного) зрения. Производится нейросетевой анализ видеоизображений для повышения точности измерения угловых перемещений опорных точек скелетной модели ОДА человека при различных положениях относительно видеокамеры: стоя, сидя на стуле, сидя на полу, лежа на спине, лежа на боку, стоя на четвереньках – как лицом к видеокамере, так и боком к ней (анфас) с одной или с обеих сторон.

Для осуществления способа анализа угловых перемещений опорных точек непрерывно формируется поток видеоизображения, на котором производят распознавание человека в кадре и производят построение цифровой скелетной модели ОДА человека. Формируют набор опорных точек на цифровой скелетной модели, большая часть из которых соответствует ключевым суставам ОДА, с непрерывной оценкой угловых перемещений опорных точек цифровой скелетной модели.

Реклама ООО "ЗЕЛЕНГРАДСКИЙ ЦЕНТР КИНЕЗИТЕРАПИИ" ИНН 7735511188 Erid CQH36pWzJqLwAKyB6wnz45Cs7Dy5Not83vG6WknA53eVAd

Результат повышения точности измерения угловых перемещений опорных точек скелетной модели ОДА человека при различных положениях человека относительно видеокамеры достигается за счет того, что на построенной в модуле оцифровки скелетной модели человека определяют локальные координаты каждой опорной точки, а также сферические координаты и вычисляют эйлеровы углы, на которые повернута точка и кость (см. Рис. 2).

Разработка данного способа длилась с 2020 по 2023 г. и осуществлялась при грантовой поддержке НИОКР от Фонда Содействия Инновациям. Разработанный способ уже применяется в тестовом режиме для диагностики нарушений в ОДА как опытный образец системы поддержки принятия врачебных решений. Апробация способа подтвердила целевой заявленный технический результат – применение цифровой оценки ОДА привело к повышению точности диагностики ОДА в среднем на 10 %.

Часть 3. Обеспечение контроля прогресса лечения и регулярности выполнения упражнений

Контроль прогресса лечения необходим для снижения риска получения травм или обострения заболеваний опорно-двигательного аппарата при самостоятельном выполнении пациентом кинезитерапевтических, ЛФК- и реабилитационных упражнений, а также для обеспечения прогресса лечения и регулярности выполнения упражнений.

Контроль прогресса лечения осуществляется в программном комплексе «Цифровой реабилитолог» с помощью оценки угловых перемещений каждой опорной точки во время выполнения терапевтических упражнений (см. Часть 2). Полученные угловые перемещения сравниваются с угловыми перемещениями эталонного выполнения упражнений, при этом пациенту сообщается об ошибках или подаются сигналы пациенту о необходимости прекращения выполнения упражнений. Рекомендуемые упражнения группируются в комплексы, которые включают упражнения, воздействующие на шейный отдел, плечевой пояс, верхнюю, среднюю и нижнюю части спины, пресс и нижние ко-

нечности, упражнения, выполняемые в различных положениях: стоя, сидя на стуле или на полу, лежа на животе, лежа на боку, лежа на спине, на четвереньках. Перечень комплексов рекомендуемых терапевтических упражнений распределяется на этапы по дням, неделям, месяцам.

Формирование комплексов рекомендуемых упражнений производится с учетом отклонений при сопоставлении метрик выполнения диагностических упражнений с эталонным выполнением упражнений по алгоритму, запатентованному авторами данной статьи. Помимо этого, формируется блок запрета упражнений, в котором на основе результатов цифровой диагностики ОДА удаляются запрещенные упражнения из сформированных комплексов рекомендуемых упражнений.

Выполнение рекомендуемых упражнений пациент производит перед видеокамерой своего цифрового устройства (смартфона, планшета или ПК), при этом контролируется правильность выполнения упражнений, а также фиксируются отклонения от эталонного выполнения упражнений. Во время выполнения рекомендуемых упражнений программный комплекс фиксирует и сообщает пациенту, если тот выполняет упражнения в полсилы, т.е. не на максимуме своих возможностей, которые программный комплекс зафиксировал во время выполнения диагностических упражнений пациентом. Этот максимум возможностей условно называется персональной нормой пациента. В отличие от машинного зрения программного комплекса глаза живого инструктора-реабилитолога не могут увидеть небольшие отклонения от персональной нормы пациента во время выполнения им упражнений. Поэтому программный комплекс лучше мотивирует пациента на выполнение реабилитационных упражнений на максимуме его возможностей, благодаря чему достигается более высокий результат выполнения программы реабилитации.

По истечении выполнения комплекса упражнений производится повторная функциональная диагностика в программном комплексе «Цифровой реабилитолог». По результатам повторной диагностики и результатам качества выполнения

упражнений производится корректировка комплексов упражнений, а именно снижение или увеличение нагрузки, исключение или включение упражнений, и производится повторное формирование рекомендуемого комплекса упражнений для пациента. Данный цикл повторяется до достижения пациентом необходимого и приемлемого для него уровня функционального состояния ОДА, без риска получения травм или обострения заболеваний ОДА при самостоятельном выполнении пациентом упражнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозируемый медицинский эффект использования разработанной системы диагностики и лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата «Цифровой реабилитолог» – это восстановление функциональности движений при расстройствах опорно-двигательного аппарата (ОДА), удобная замена занятиям лечебной и адаптивной физической культурой в специализированном учреждении, контролируемое и безопасное лечение заболеваний ОДА в домашних условиях.

Социальный эффект применения программного комплекса «Цифровой реабилитолог» – повышение двигательной активности различных групп населения – от школьников до пенсионеров, от людей с малоподвижным образом жизни и/или лишним весом до маломобильных граждан, от спортсменов до военнослужащих, получивших травмы ОДА.

Экономический эффект – широкомасштабное (тиражированное) применение разработанной системы и программного комплекса «Цифровой реабилитолог» позволит экономить средства федерального и региональных бюджетов на:

- содержание кабинетов ЛФК и реабилитационных центров,
- реализацию социальных программ повышения двигательной активности населения (например,

программ активного долголетия для пенсионеров),

- физкультурно-оздоровительные и реабилитационные услуги;
- ставки страховых компаний за ЛФК и реабилитацию.

Программный комплекс «Цифровой реабилитолог», основанный на уникальных запатентованных реабилитационных методиках, дает возможность широким группам населения удовлетворить реальные потребности в реабилитации, укрепить свое здоровье, провести диагностику, лечение и восстановление ОДА современным и доступным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинезитерапевтическая методика ООО «Зеленоградский центр кинезитерапии» / И.В. Морозов, М.Ю. Чикина. М.: ООО «Зеленоградский центр кинезитерапии», 2016. 157 с.
2. Прикладная кинезиология. Восстановление тонуса и функций скелетных мышц / Васильева Л.Ф., М.: Издательство ЭКСМО, 2018. 304 с.
3. Адаптивная физкультура с основами кинезитерапии / Под редакцией С.М. Бубновского, авторы-составители С.Г. Лукьянычев, Л.С. Бубновская, издание 2-е дополненное, М. 2008. 96 с.
4. Лечебная физическая культура как средство восстановления больных / М.П. Дьячков, М.: Издательство ИП Скороходов В.А., 2014. 134 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь Владимирович Морозов – ООО «Зеленоградский центр кинезитерапии», генеральный директор, Москва, Зеленоград, корп. , 8 926 515-76-72;

Антон Игоревич Морозов – ООО «Зеленоградский центр кинезитерапии», заместитель генерального директора;

Анна Игоревна Морозова – ООО «Зеленоградский центр кинезитерапии», главный врач.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы значимые результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА: медицина, здравоохранение, образование, спорт, социальная защита.

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ В РЕДАКЦИЮ**I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

1. К публикации принимаются обзорные статьи, оригинальные исследования, клинические наблюдения, лекции, краткие сообщения. Основными требованиями к принимаемым статьям являются актуальность, новизна материала и его ценность в теоретическом и/или практическом аспектах.

2. Статьи, отправленные ранее к публикации в другие издания, к печати не допускаются.

3. В конце статьи должны быть собственноручные подписи всех авторов, полностью указаны фамилия, имя, отчество, индекс и почтовый адрес учреждения, в котором работает автор (либо домашний адрес — по желанию), телефон и e-mail лица, ответственного за переписку.

4. К статье должна прилагаться рецензия (не более 2 стр.) уровня д.м.н., профессора, не входящих в состав авторов.

5. Статья и сопроводительные документы отправляются на электронный адрес: lfksport@ramsr.ru.

6. Статья должна быть напечатана шрифтом Times New Roman, кегль — 12, междустрочный интервал — 1,5, отступ первой строки — 1,25 см. Это правило распространяется на все разделы статьи, включая таблицы и рисунки.

7. Оригинальная статья должна содержать результаты собственных исследований. Объем оригинальной статьи (включая иллюстрации и таблицы, но не включая список литературы) не должен превышать 12 страниц. Объем клинического наблюдения — не более 8 страниц. В обзоре литературы и лекции допускается объем в 15 страниц.

8. Структура статьи оригинального исследования должна быть следующей: введение, отражающее основную суть вопроса, актуальность темы, цель и задачи исследования, материалы и методы, полученные результаты, выводы, список литературы, иллюстративный материал. Описания клинических случаев, обзоры, лекции, краткие сообщения могут иметь другую структуру.

9. Для всех статей обязательно написание резюме с ключевыми словами на русском и английском языках. Резюме приводятся на отдельных страницах. Объем каждого резюме — не более 1/3 страницы. В английском резюме обязательно переводят фамилии и инициалы авторов, название, полное наименование учреждения.

10. В тексте статьи допускается использование общепринятых сокращений (единицы измерения, физические, химические и математические величины и термины) и аббревиатур. Все вводимые автором буквенные обозначения должны быть расшифрованы в тексте при их первом упоминании. При введении аббревиатуры ее следует написать в круглых скобках после расшифровки, далее использовать только аббревиатуру.

11. В тексте статьи библиографические ссылки даются в квадратных скобках номерами в соответствии с при статейным списком литературы. Цитируется не более 25 источников литературы. Автор несет ответственность за правильность оформления библиографических данных.

12. Все источники литературы должны быть пронумерованы в порядке цитирования, а их нумерация должна строго соответствовать нумерации в тексте статьи. Указываются все авторы статьи, указание «и др. (et al.)» — не допускается, так как сокращение авторского коллектива до 2-3 фамилий влечет за собой потерю цитируемости неназванных соавторов. Литература должна указываться с названием статей. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

13. Статьи, принятые к печати, проходят стадию научного редактирования. Редакция оставляет за собой право сокращать и исправлять статьи. Датой поступления статьи считается время поступления окончательного варианта статьи.

II. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА И ШАПКИ

(можно скачать в формате Microsoft Word на сайте издания <http://lfksport.ru/>)

III. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РИСУНКАМ И ТАБЛИЦАМ

1. Рисунки с подписями должны быть сверстаны в том месте статьи, где они должны располагаться. Отдельно присылается файл в формате рисунка.

2. Формат файла — eps (Adobe Illustrator, не ниже CS3), TIFF (расширение *.tiff, 300 dpi), jpg или битмап (битовая карта) — 600 dpi (пиксели на дюйм).

3. Ширина рисунка — не более 180 мм, желательно не использовать ширину от 87 до 157 мм, высота рисунка — не более 230 мм (с учетом запаса на подрисуючную подпись), размер шрифта подписей на рисунке — не менее 7 pt (7 пунктов).

4. Таблицы должны быть сверстаны в том месте, где они должны располагаться. Сверху справа необходимо обозна

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ В РЕДАКЦИЮ

чить номер таблицы, ниже дается ее название. Сокращения слов в таблицах не допускаются. Все цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте и обязательно должны быть обработаны статистически.

5. Если рисунок или таблица одна, то номер им не присваивается.

6. Каждый рисунок или таблица должны иметь единообразный заголовок и расшифровку всех сокращений. В подписях к графикам указываются обозначения по осям абсцисс и ординат и единицы измерения, приводятся пояснения по каждой кривой.

IV. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

(можно скачать в формате Microsoft Word на сайте издания <http://lfksport.ru/>)

Все статьи публикуются на бесплатной основе.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

ПОЛОЖЕНИЕ О ПОРЯДКЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПОСТУПИВШИХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА «ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА»

1. Рукописи (далее статьи), поступившие в редакцию журнала «Лечебная физкультура и спортивная медицина», проходят через институт рецензирования.

2. Формы рецензирования статей:

- рецензирование непосредственно в редакции (главным редактором журнала или его заместителем);
- рецензия в приложении к статье, направляемой автором (см. ниже рекомендуемые план и оформление рецензии); в качестве рецензента не могут выступать научный руководитель или консультант диссертанта;
- дополнительное рецензирование ведущими специалистами отрасли, в том числе из состава редакционной коллегии и редакционного совета журнала.

3. Результаты рецензирования сообщаются автору.

Рекомендуемые план и оформление рецензии:

1. Исходные данные по статье (наименование статьи, Ф.И.О. автора статьи).
2. Рецензия:

2.1. Актуальность представленного материала, научная новизна представленного материала).

2.2. Мнение рецензента по статье (оригинальность представленных материалов, грамотность изложения, ценность полученных результатов, апробация, замечания по статье).

2.3. Заключение (возможные варианты):

- статья рекомендуется к опубликованию;
- статья рекомендуется к опубликованию после исправления указанных замечаний (без повторного рецензирования);
- статья требует серьезной доработки с учетом указанных замечаний (с последующим повторным рецензированием);
- статья не рекомендуется к опубликованию;
- иное мнение.

3. Личные данные рецензента (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, занимаемая должность).

4. Рецензия подписывается рецензентом. Подпись заверяется.

Полезная информация для авторов на сайте www.lfksport.ru

- Рукописи авторам не возвращаются.
- При несоблюдении вышеизложенных требований к материалам редакция за качество публикации ответственности не несет.
- При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Редколлегия

Статьи направлять по адресу:

119634, г. Москва, ул. Лукинская, д. 14, стр. 1
 Редакция журнала «Лечебная физкультура и спортивная медицина».
 Тел.: (495) 755-61-45, (495) 784-70-06, +7 (926) 563-31-50
 Факс: (495) 755-61-44.
 E-mail: lfksport@ramsr.ru