

На правах рукописи

АБУТАЛИМОВА САБИНА МАЛИКОВНА

**МЕДИЦИНСКИЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА
СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук по специальности: 3.1.33
Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная
физкультура, курортология и физиотерапия

Ессентуки, 2022

Работа выполнена в Центре медико-биологических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (ЦМБТ ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России)

Научный руководитель:

Корягина Юлия Владиславовна, доктор биологических наук, профессор, руководитель Центра медико-биологических технологий ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»

Официальные оппоненты:

Быков Евгений Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины, проректор по научно-исследовательской работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры»

Рылова Наталья Викторовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией спортивной нутрициологии Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр РФ — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма"

Защита диссертации состоится 29 июля 2022 г. в 12.00 часов на заседании объединённого Диссертационного совета Д 999.237.02 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России и ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» по адресу: **357501, Ставропольский край, г. Пятигорск, проспект Кирова, 30.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Пятигорского научно-исследовательского института курортологии – филиала ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (357501, г. Пятигорск, проспект Кирова, 30) и на сайте <http://www.skfmba.ru>.

Автореферат разослан « » 2022 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета Д 999.237.02,
кандидат медицинских наук, доцент Е.Н. Чалаа

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одной из актуальных задач спортивной медицины является охрана здоровья спортсменов, профилактика состояний переутомления и перенапряжения при воздействии интенсивных физических нагрузок (Н.В. Рылова с соавт., 2017), оптимизация и повышение резервных возможностей функциональных систем организма спортсменов (С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, 2021). Для решения этой задачи специалистами ведется разработка методик медицинского контроля за функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата (НМА) спортсменов (С.А. Моисеев, С.М. Иванов, А.М. Пухов, 2020; Р.М. Городничев, В.Н. Шляхов 2017; Л.В. Капилевич, М.Б. Ложкина, С.Г. Кривошеков, 2016; G. Вueggemann, 2010). Силовые виды спорта, такие как тяжелая атлетика и пауэрлифтинг, служат ярким примером, когда выполнение тренировочной нагрузки сопровождается развитием взрывной и максимальной силы, проявляющейся функциональными и структурными изменениями НМА, что является результатом долговременной адаптации (И.В. Пискунов, С.А. Моисеев, Р.М. Городничев, 2017), оценить которую можно по параметрам моторного ответа (М-ответа) в ответ на стимуляцию нерва электрическим током. Кроме того, оценка суммарной биоэлектрической активности мышц непосредственно во время выполнения тяжелоатлетических упражнений позволяет исследовать параметры срочной адаптации НМА (Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, 2020; Ю.И. Брель, 2019). Разработка модельных характеристик позволяет тренерам и спортсменам рационализировать тренировочный процесс, а также обеспечивать контроль за функциональным состоянием на всех этапах медико-биологического сопровождения спортсменов (Е.В. Быков, 2022).

Гипотеза исследования. Методика медицинского контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов силовых видов спорта, проводимая в рамках углубленных медицинских обследований, этапных комплексных обследований или текущих обследований, основанная на определении параметров ЭМГ в покое и при мышечной нагрузке, позволит определить оптимальное функциональное состояние, контролировать его динамику,

выявлять состояния утомления, переутомления, способствовать профилактике усталостных травм и повреждений.

Степень разработанности темы исследования. Метод ЭМГ широко применяется специалистами для исследования функционального состояния нервно-мышечной системы спортсменов. Применение этого метода в спортивной практике позволяет исследователям не только проводить диагностику, но и контролировать эффективность восстановительных мероприятий после физических нагрузок (Т.В. Красноперова, И.Н. Ворошин, Е.А. Киселева, 2019; О.В. Ланская, Е.В. Ланская, 2015). В настоящее время при помощи ЭМГ изучено влияние асимметричной тренировочной нагрузки на НМА бадминтонистов (Э.Р. Румянцева, Е.В. Тарасова, 2020), выявлены изменения состояния нервно-мышечной системы у хоккеистов (М.И. Мелентьев, О.Н. Кудря, 2017), гандболистов (А.С. Ямпольский, 2017), стрелков (А.М. Пухов, 2020), бегунов (Р.М. Городничев с соавт., 2021) и гимнастов (А.А. Румянцев, В.Н. Шляхтов, Д.В. Семенов, 2019) под действием специфических физических нагрузок.

Цель исследования: разработать методику медицинского контроля за функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата спортсменов силовых видов спорта при срочной и долговременной адаптации к мышечной деятельности.

Задачи исследования:

1. Изучить функциональное состояние НМА спортсменов силовых видов спорта и провести его оценку в сравнении с общепринятыми клиническими нормами здоровых людей, не занимающихся спортом, и спортсменами других видов спорта в состоянии покоя.

2. Выявить особенности параметров работы ведущих мышц в разные фазы и периоды выполнения специальных соревновательных упражнений и оценить механизмы срочной адаптации НМА к специфической физической нагрузке у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении специальных соревновательных упражнений (рывок, толчок).

3. Выявить индивидуальные особенности (половые, связанные с весовыми категориями) функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках.

4. Разработать алгоритм методики обследования и критерии диагностической оценки оптимального функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках.

5. Дать научное обоснование разработанной методики медицинского контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов силовых видов спорта при срочной и долговременной адаптации к мышечной деятельности.

Научная новизна исследования. Впервые разработана и научно обоснована методика контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов силовых видов спорта при срочной и долговременной адаптации к мышечной деятельности.

Впервые проведен сравнительный анализ долговременных механизмов адаптации НМА спортсменов различных специализаций к систематическим физическим нагрузкам разной направленности. Выявлено, что параметры М-ответа спортсменов со скоростно-силовой направленностью тренировочного процесса отличаются от общепринятых клинических норм и показателей спортсменов циклических и ситуационных видов спорта, тренирующих преимущественно гибкость, координацию и выносливость.

Впервые проведена комплексная оценка функционального состояния НМА у тяжелоатлетов как в покое, так и при выполнении специальных соревновательных упражнений рывок и толчок. Доказано, что в момент увеличения амплитудно-частотных показателей растет сила и скорость мышечного сокращения.

Впервые описан характер работы ведущих мышц в разные фазы и периоды выполнения соревновательных упражнений рывок и толчок у высококвалифицированных тяжелоатлетов с позиций срочной адаптации к специфической спортивной деятельности, а также индивидуальные особенности (половые, связанные с весовыми категориями) функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках. Констатирован факт, что у спортсменов мужского пола имеются большие функциональные, а следовательно и силовые возможности мышечной ткани, несмотря на высокую частотную активность мотонейронов у женщин. Выявлено, что биоэлектрическая активность мышц и частота импульсации

мотонейронов тем выше, чем меньше весовая категория тяжелоатлетов.

Разработан алгоритм медицинского контроля и определены параметры оптимального функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках.

Теоретическая значимость работы. Данные исследования дополняют знания по спортивной медицине в разделе врачебно-педагогический контроль за занимающимися физической культурой и спортом в аспекте пополнения методов функциональной диагностики, применения новых алгоритмов и критериев оценки функционального состояния НМА высококвалифицированных спортсменов. Знания по спортивной физиологии дополнены в разделе адаптация к мышечным нагрузкам силовой направленности, а также физиологические основы развития силы. Полученные данные расширяют современные представления о методах медицинского контроля функционального состояния, срочных и долговременных механизмах адаптации НМА спортсменов силовых видов спорта к специфическим физическим нагрузкам.

Практическая значимость работы. Разработанная методика медицинского контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов силовых видов спорта, основанная на определении параметров ЭМГ в покое и при мышечной нагрузке, может быть использована в отделениях и центрах спортивной медицины, врачами и тренерами для выявления состояний утомления, переутомления, сохранения здоровья, профилактики травм и повреждений опорно-двигательного аппарата спортсменов. Полученный материал может использоваться в учебном процессе для чтения лекций и проведения практических занятий на кафедрах спортивной медицины, функциональной диагностики, спортивной физиологии медицинских и физкультурных ВУЗов.

Методология и методы исследования.

Тип исследования: поперечное сравнительное исследование.

Диссертационная работа является прикладным научным исследованием, выполненным в соответствии с государственным заданием ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России на выполнение НИР «Разработка технологий сочетанного применения природных лечебных ресурсов Кавказских Минеральных Вод и преформированных физических факторов для восстановления и

медицинской реабилитации спортсменов», (шифр: «Горы 21/25»). Методологическим базисом являются работы отечественных и зарубежных авторов, где рассматриваются вопросы, связанные с методиками диагностики функционального состояния НМА спортсменов силовых видов спорта при срочной и долговременной адаптации к специфической спортивной деятельности. В работах иностранных ученых, посвященных исследованию механизмов адаптации НМА к специфическим физическим нагрузкам у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса, часто применяются методы ЭМГ диагностики для выявления особенностей внутримышечной и межмышечной координации (D. Lorenz, M. Reiman, 2011; С. Courpré et al., 2015; M. Wang et al., 2019). В Российской Федерации вопросами, связанными с диагностикой функционального состояния НМА спортсменов, в течение многих лет занимаются в Великолукской государственной академии физической культуры и спорта. Было отмечено, что общепринятые клинические нормы не могут использоваться для адекватной оценки функционального состояния НМА высококвалифицированных спортсменов (Р.М. Городничев с соавт., 2014; О.А. Пряшникова с соавт., 2005).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Методика медицинского контроля функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов, включающая стимуляционную электромиографию в покое и поверхностную электромиографию при спортивных движениях, с регистрацией и анализом моторного ответа и амплитудно-частотных показателей биоэлектрической активности мышц позволяет проводить информативную оценку при проведении мероприятий текущего и этапного контроля состояния спортсменов силовых видов спорта, а также при углубленных медицинских обследованиях.

2. Разработанные модельные характеристики показателей стимуляционной электромиографии в покое позволяют оценивать уровень текущего функционального состояния нервно-мышечного аппарата у спортсменов разного пола специализаций: легкая атлетика, тяжелая атлетика, триатлон, биатлон, художественная гимнастика, хоккей на траве, волейбол, фехтование, единоборства.

3. Разработанные модельные характеристики показателей поверхностной электромиографии позволяют

проводить оценку амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности нервно-мышечного аппарата тяжелоатлетов в зависимости от их пола и весовой категории непосредственно при выполнении специальных упражнений.

4. Спортсмены со скоростно-силовой направленностью тренировочного процесса имеют более высокие значения амплитуды, площади моторного ответа и скорости распространения возбуждения в сравнении со спортсменами циклических и ситуационных видов спорта.

Внедрение результатов работы. Материалы исследования внедрены в учебный процесс кафедры анатомии и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», кафедры спортивной медицины и физической реабилитации ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК). Методики медицинского контроля за функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата спортсменов силовых видов спорта при адаптации к мышечной деятельности используются в практической деятельности отделения спортивной медицины МЦ Юность ФФГБУ СКФНКЦ ФМБА России.

Степень достоверности и апробация результатов работы. Материалы диссертации были доложены и обсуждены на научно-практических конференциях и конгрессах российского и международного уровня: «Современная система спортивной подготовки в биатлоне» (8 октября 2020 г., Омск); «Современные аспекты санаторно-курортного лечения, медицинской реабилитации и спортивной медицины», (27-28 октября 2020 года, Ессентуки); «Ильинские чтения 2020» (22-24 декабря 2020, Москва); «Здравница-2021» (15-17 июня 2021г., Москва); 2021 International Symposium on Biomedical Engineering and Computational Biology (BECB 2021) (August 13-15, 2021, China); «Современные аспекты санаторно-курортного лечения, медицинской реабилитации и спортивной медицины» (7-8 октября 2021 года, Ессентуки); «Актуальные вопросы и поиск инновационных подходов в спортивной медицине и реабилитации» (10-11 ноября 2021 г.,

Узбекистан, Ташкент); «Инновации в спорте, туризме и образовании» (Челябинск, 2-3 декабря 2021 г.).

Соответствие паспорту научной специальности.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности: 3.1.33 - Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия. Область исследований – п.4.«Разработка методов рационального использования средств физической культуры и спорта для укрепления здоровья, профилактики и лечения заболеваний, повышения физической работоспособности, эффективных мероприятий предупреждения заболеваний и травм у спортсменов, наиболее рациональных гигиенических условий физического воспитания, медицинского контроля за функциональным состоянием лиц, занимающихся спортом, а также программ восстановления нарушенных функций и реабилитации спортсменов».

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех этапах планирования и выполнения диссертационной работы. Диссертантом были определены цель и задачи исследования, объем и методы исследования, проведен сбор и анализ научных публикаций по теме исследования, в том числе с использованием российских и зарубежных баз данных, разработана методика медицинского контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов силовых видов спорта при адаптации к мышечной деятельности, которая включала проведение стимуляционной и поверхностной ЭМГ. Полученные результаты были проанализированы и интерпретированы соискателем.

Объем и структура работы. Диссертация имеет традиционную структуру, состоит из разделов: введение, обзор литературы, главы методов и организации исследования, трех глав результатов собственных исследований, главы заключения, выводов, списка литературы, приложений. Работа изложена на 148 страницах, содержание работы иллюстрируют 8 рисунков и 29 таблиц. Список литературы включает 185 источников, из которых 48 – иностранных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие спортсмены разных видов спорта и специализаций, всего 128 человек, среди них 119 человек имели квалификацию кандидат в мастера спорта (24 человека), мастер спорта (62 человека), мастер спорта международного класса (25 человек), заслуженный мастер спорта (8 человек). Средний возраст – $22,4 \pm 2,9$ лет. Специализации спортсменов: тяжелая атлетика – 52 человека (30 мужчин, 22 женщины), легкая атлетика – 17 человек (6 мужчин, 11 женщин), триатлон – 14 человек (8 мужчин, 6 женщин), биатлон (6 женщин), смешанные единоборства (6 мужчин), художественная гимнастика (9 женщин), волейбол (7 мужчин), фехтование (7 мужчин), хоккей на траве (10 мужчин). Исследование проводилось в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России на базе ФГБУ «Юг-Спорт» в период учебно-тренировочных сборов, после подписания информированного добровольного согласия согласно приказу №390н Минздравсоцразвития от 23 апреля 2012 г., с одобрения локального этического комитета ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России.

Исследование функционального состояния НМА спортсменов разных групп в покое осуществлялось с помощью метода стимуляционной ЭМГ. Для регистрации моторных ответов с короткого разгибателя пальцев стопы (*Extensor digitorum brevis*), иннервируемой глубоким малоберцовым нервом (*n. Peroneus*), проводилась стимуляция в точках: «предплюсна», «головка малоберцовой кости», «подколенная ямка» с помощью 4-х канального АПК «Нейро-МВП» компании «Нейрософт» (г. Иваново). Электростимуляцию проводили прямоугольными импульсами, время стимула – 0,2 мс, сила тока подбиралась индивидуально в диапазоне 15-30 мА.

Исследование механизмов срочной адаптации НМА к специфической физической нагрузке (тяжелоатлетический рывок и толчок) осуществлялось с помощью системы BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия), которая включает в себя оптикоэлектронную систему, состоящую из двух видеокамер и трех инфракрасных камер, две сенсорные тензодинамометрические напольные платформы (60x40см), а также беспроводную систему

динамической ЭМГ диагностики BTS FREEEMG 1000. Исследовалось 8 мышц: трапецевидные мышцы, латеральные широкие мышцы бедра, двуглавые мышцы бедра (длинная головка-средняя часть), икроножные мышцы (латеральная головка-средняя часть). Для операционной обработки частотного спектра ЭМГ-сигнала с помощью преобразования Фурье тяжелоатлетические упражнения были разделены на фазы и подфазы, описанные в учебнике по тяжелой атлетике Л.С. Дворкиным (Л.С. Дворкин, 2005).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Statistica 13.0 и заключалась в сравнении показателей групп, сформированных по видам спорта, полу и весовым категориям с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни (для независимых групп) и T-критерия Вилкоксона (для зависимых групп).

Дизайн исследования включал следующие этапы:

1. Отбор спортсменов. В исследовании приняли участие высококвалифицированные спортсмены разных специализаций, не имеющие жалобы на состояние здоровья.

2. Распределение спортсменов по группам в зависимости от их спортивной специализации, пола, а у тяжелоатлетов — и по весовой категории.

3. Оценка функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов разных групп путем проведения стимуляционной электронейромиографии, сравнение параметров моторного ответа у спортсменов силовых видов спорта со спортсменами других специализаций, а также с общепринятыми клиническими нормами здоровых людей, не занимающихся спортом.

4. Исследование и оценка параметров работы ведущих мышц с позиций механизмов срочной адаптации нервно-мышечного аппарата к специфической физической нагрузке у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении специальных соревновательных упражнений.

5. Разработка критериев диагностической оценки оптимального функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках.

6. Научное обоснование (апробация разработанной методики медицинского контроля).

Функциональное состояние нервно-мышечного аппарата спортсменов силовых видов спорта в состоянии покоя

Исследование функционального состояния НМА спортсменов силовых видов спорта при долговременной адаптации к мышечной деятельности проводилось с помощью методики регистрации М-ответов стимуляционной ЭМГ. Исследование параметров М-ответа у спортсменов мужского пола справа в точках стимуляции малоберцового нерва «предплюсна» и «подколенная ямка» показало, что значения амплитуды и площади М-ответа у легкоатлетов (амплитуда – $7,28 \pm 2,36$ мВ, площадь – $22,88 \pm 7,29$ мВ×мс) выше ($p \leq 0,03$), чем у спортсменов смешанных единоборств (амплитуда – $4,16 \pm 1,17$ мВ, площадь – $12,85 \pm 5,03$ мВ×мс).

В точках стимуляции «головка малоберцовой кости» и «подколенная ямка» амплитуда М-ответа легкоатлетов («головка малоберцовой кости» – $7,77 \pm 2,60$ мВ, «подколенная ямка» – $8,00 \pm 2,30$ мВ) статистически значимо отличается от аналогичного показателя триатлонистов («головка малоберцовой кости» – $5,45 \pm 1,74$ мВ, $p \leq 0,01$; «подколенная ямка» – $5,45 \pm 1,90$ мВ, $p \leq 0,03$) (рис.1).

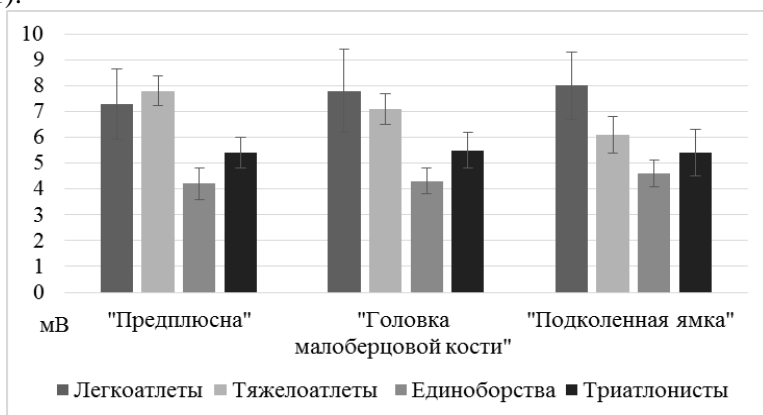


Рис.1. Амплитуда моторного ответа, регистрируемая с короткого разгибателя пальцев стопы при стимуляции малоберцового нерва (n. Peroneus) у спортсменов мужского пола справа

Скорость распространения возбуждения (СРВ) по нервному волокну в сегменте «предплюсна» – «головка малоберцовой кости»

справа у тяжелоатлетов ($54,43 \pm 4,02$ м/с) статистически выше, чем у триатлонистов ($48,43 \pm 5,03$ м/с, $p \leq 0,04$) волейболистов ($48,44 \pm 2,61$ м/с, $p \leq 0,004$) и хоккеистов ($49,33 \pm 3,89$ м/с, $p \leq 0,02$).

Исследование параметров М-ответа у спортсменов женского пола показало более высокие значения амплитуды М-ответа у спортсменок, специализирующихся в тяжелой атлетике ($6,16 \pm 1,79$ мВ, $p \leq 0,02$), легкой атлетике ($6,51 \pm 2,58$ мВ, $p \leq 0,002$), биатлоне ($6,44 \pm 1,55$ мВ, $p \leq 0,003$) в сравнении со спортсменками художественной гимнастики ($3,81 \pm 1,04$ мВ) при стимуляции малоберцового нерва в точке «предплюсна» справа. Площадь М-ответа также различалась у групп художественной гимнастики ($14,00 \pm 4,13$ мВ \times мс) и легкой атлетики ($20,69 \pm 7,67$ мВ \times мс, $p \leq 0,03$).

В точке стимуляции «подколенная ямка» амплитуда М-ответа гимнасток ($2,67 \pm 0,89$ мВ) ниже, чем у легкоатлеток ($6,68 \pm 2,76$ мВ, $p \leq 0,0002$), триатлонисток ($5,39 \pm 1,87$ мВ, $p \leq 0,008$), тяжелоатлеток ($7,29 \pm 2,16$ мВ, $p \leq 0,003$) и биатлонисток ($5,82 \pm 1,13$ мВ, $p \leq 0,002$).

Таким образом, было выявлено, что спортсмены со скоростно-силовой направленностью тренировочного процесса (тяжелая атлетика, метание, спринт) имеют более высокие параметры амплитуды и площади М-ответа, СРВ, в сравнении со спортсменами циклических и ситуационных видов спорта. Кроме того, сравнение параметров М-ответа тяжелоатлетов с общепринятыми клиническими нормами позволяет сделать заключение о достаточно высоком функциональном состоянии НМА нижних конечностей, что в свою очередь является результатом долговременной адаптации к специфической физической нагрузке.

Функциональное состояние нервно-мышечного аппарата у спортсменов-тяжелоатлетов при выполнении соревновательных упражнений (по данным поверхностной электромиографии)

Для исследования функционального состояния НМА тяжелоатлетов регистрировалась пЭМГ ведущих мышц при выполнении соревновательных упражнений (рывок, толчок). В упражнении рывок были выделены следующие фазы: старт, тяга, подрыв, подсед, которые включают две подфазы (в протоколе тяга 1.1, тяга 1.2, подрыв 2.1, подрыв 2.2, подсед 3.1, подсед 3.2) и финальную фазу вставания. Упражнение толчок анализировалось

по 8 фазам, при этом фазы старта, тяги, подрыва, ухода (приседа), вставания практически не отличаются от аналогичных фаз рывка. Добавляются фазы выталкивания, ухода при толчке от груди и вставания при толчке от груди.

Исследование биоэлектрической активности трапецевидных мышц при выполнении спортсменами рывка показало, что минимальные значения амплитудно-частотных показателей регистрируемые в фазу тяги 1.1 обусловлены в первую очередь низким уровнем мышечного напряжения, так как атлет только начинает свое взаимодействие со штангой (средняя амплитуда справа – $0,134 \pm 0,096$ мВ, средняя амплитуда слева – $0,147 \pm 0,099$ мВ). В фазу подрыва и в фазу финального разгона частота биоэлектрической активности достигает наибольших значений (средняя частота справа – $83,0 \pm 24,5$ Гц, средняя частота слева – $87,8 \pm 23,4$ Гц). Несмотря на схожесть первых четырех фаз рывка и толчка, пик электроактивности трапецевидных мышц отмечается сначала в фазу подседа 3.2 (средняя амплитуда справа – $0,537 \pm 0,223$ мВ, средняя амплитуда слева – $0,551 \pm 0,210$ мВ), а затем к финальной стадии вставания (средняя амплитуда справа – $0,658 \pm 0,295$ мВ, средняя амплитуда слева – $0,673 \pm 0,384$ мВ) (рис. 2).

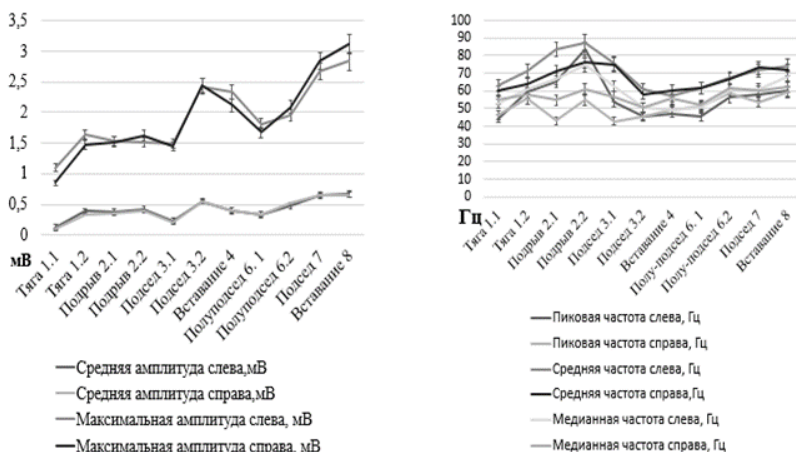


Рис.2. Параметры биоэлектрической активности трапецевидных мышц у спортсменов при выполнении тяжелоатлетического толчка

Исследование биоэлектрической активности икроножных мышц показало, что максимальные значения амплитуды регистрировались в начале подрыва (средняя амплитуда справа – $0,258 \pm 0,085$ мВ, средняя амплитуда слева – $0,317 \pm 0,112$ мВ), когда спортсмен отклоняется назад и поднимается высоко на носки. В этот момент мышца сокращается в динамическом концентрическом режиме. Сразу после этого спортсмен со штангой перемещаются вниз в подсед, и амплитудные показатели значительно снижаются, достигая минимальных значений (средняя амплитуда справа – $0,069 \pm 0,036$ мВ, средняя амплитуда слева – $0,076 \pm 0,052$ мВ).

Данные, полученные в результате проведения пЭМГ ведущих мышц у тяжелоатлетов при выполнении упражнений, свидетельствуют о росте силы и скорости мышечного сокращения в момент увеличения амплитудно-частотных показателей. Увеличение частотных характеристик часто предваряет рост амплитудных показателей, что свидетельствует об увеличении частоты импульсации мотонейронов к мышечным волокнам исследуемых мышц для более быстрого вовлечения их в мышечное сокращение уже в следующую фазу упражнения, сопровождающуюся развитием максимальной или взрывной силы. При этом в момент отсутствия необходимости развития максимальных мышечных усилий, например в фазы уступающей нагрузки, частота импульсации мотонейронов и амплитуда мышечного сокращения резко снижались, в результате чего снижается риск развития процессов утомления, и происходит экономизация энергоресурсов мышечной ткани.

Индивидуальные особенности (половые, связанные с весовыми категориями) функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов

Исследование биоэлектрической активности мышц при выполнении тяжелоатлетических упражнений показало ряд различий между показателями пЭМГ у мужчин и женщин. Так, при выполнении рывка средняя амплитуда правой трапецевидной мышцы в фазу тяги 1.2 выше у тяжелоатлетов мужского пола (мужчины – $0,433 \pm 0,207$ мВ, женщины – $0,301 \pm 0,228$ мВ $p \leq 0,04$) в сравнении с женским. В фазу вставания у тяжелоатлетов были зарегистрированы более высокие значения пиковой частоты левой трапецевидной мышцы (женщины – $60,7 \pm 18,7$ Гц, мужчины – $45 \pm 16,9$ Гц, $p \leq 0,05$).

Исследование биоэлектрической активности двуглавых мышц бедра позволило выявить более высокие амплитудные показатели у тяжелоатлетов мужского пола (табл. 1). При этом средняя амплитуда мышечного сокращения левой двуглавой мышцы бедра выше у мужчин в фазу тяги 1.2 и в фазу подрыва, а правой – в аналогичные фазы и в фазу подседа 3.1.

Таблица 1

Сравнительный анализ амплитудных показателей двуглавых мышц бедра у тяжелоатлетов при выполнении рывка

Фаза рывка	Средняя амплитуда, мВ		p ≤	Максимальная амплитуда, мВ		p ≤
	мужчины M±σ	женщины M±σ		мужчины M±σ	женщины M±σ	
Левая двуглавая мышца бедра						
Тяга 1.2	0,27±0,11	0,21±0,09	0,05	1,46±0,76	0,97±0,42	-
Подрыв 2.1	0,43±0,15	0,31±0,08	0,02	1,63±0,67	1,07±0,35	0,01
Подрыв 2.2	0,29±0,11	0,19±0,08	0,01	1,40±0,59	0,96±0,33	0,02
Подсед 3.2	0,14±0,08	0,12±0,02	-	1,11±0,69	0,80±0,56	0,04
Вставание4	0,17±0,06	0,14±0,04	-	1,23±0,63	0,75±0,27	0,01
Правая двуглавая мышца бедра						
Тяга 1.2	0,32±0,10	0,21±0,09	0,01	1,55±0,51	0,92±0,40	0,01
Подрыв 2.1	0,46±0,19	0,33±0,17	0,02	1,59±0,62	1,12±0,54	0,02
Подрыв 2.2	0,35±0,16	0,23±0,13	0,01	1,79±0,76	1,15±0,42	0,01
Подсед 3.1	0,25±0,12	0,15±0,07	0,04	1,96±0,90	1,04±0,63	0,01
Вставание4	0,21±0,09	0,15±0,06	-	1,47±0,59	0,85±0,38	0,01

Исследование биоэлектрической активности латеральных широких мышц бедра показало более высокие значения средней амплитуды у мужчин в фазу подседа 3.1 справа (мужчины – 0,234±0,102 мВ, женщины – 0,162±0,073 мВ p≤0,03). Средняя амплитуда слева в фазу подрыва 2.2 была также ниже у женщин (женщины – 0,218±0,142 мВ, мужчины – 0,321±0,127 мВ, p≤0,01). Значения средней частоты слева у женщин были выше в сравнении с мужчинами в фазу подрыва 2.2 (мужчины – 62,6±18,3 Гц, женщины – 82,6±30,3 Гц, p≤0,03) и полуподседа 6.1 (мужчины – 82,2±17,8 Гц, женщины – 94,8±17,8 Гц, p≤0,02).

Анализ показателей биоэлектрической активности мышц у тяжелоатлетов мужского пола позволил выявить ряд достоверных отличий у спортсменов в группах до 77 кг, до 94 кг, свыше 94 кг. Средняя амплитуда трапециевидных мышц в фазу подрыва 2.1 у средневику составила 0,400±0,156 мВ, а у тяжеловесов –

0,242±0,064 мВ ($p \leq 0,04$), максимальная амплитуда в эту фазу также выше у спортсменов среднего веса – 1,757±0,606 мВ, тогда как у тяжелого веса – 0,904±0,436 мВ ($p \leq 0,03$).

Исследование показателей пЭМГ латеральных широких мышц бедра позволило выявить достоверные отличия параметров средней частоты правой латеральной широкой мышцы бедра у тяжелоатлетов мужского пола группы среднего и тяжелого веса в фазы тяги 1.1 (средний вес – 82,3±15,1 Гц, тяжелый вес – 61,4±8,9 Гц, $p \leq 0,02$), подседа 3.1 (средний вес – 71,9±8,0 Гц, тяжелый вес – 53,9±13,7 Гц, $p \leq 0,03$), подседа 7 (средний вес – 93,4±18,8 Гц, тяжелый вес – 56,8±13,4 Гц $p \leq 0,02$).

Исследование биоэлектрической активности ведущих мышц у тяжелоатлетов женского пола также показало ряд достоверных отличий между группами спортсменок в весовых категориях до 55кг, до 71 кг и до 81кг и 81+ кг. Так, были выявлены более высокие показатели средней амплитуды двуглавых мышц бедра у спортсменок легкой весовой категории (тяга 1.1 – 0,124±0,066 мВ, тяга 1.2 – 0,271±0,026 мВ) в сравнении с тяжелой (тяга 1.1 – 0,067±0,023 мВ, $p \leq 0,05$; тяга 1.2 – 0,153±0,040 мВ, $p \leq 0,01$). Кроме того, максимальная амплитуда в фазу тяги 1.2 также выше у тяжелоатлеток весовой категории до 55 кг (до 55 кг – 1,377±0,282 мВ, до 81кг и 81+ кг – 0,683±0,083 мВ $p \leq 0,01$).

Таким образом, данные, полученные при сравнении параметров пЭМГ, регистрируемой с трапециевидных мышц, двуглавых мышц бедра, латеральных широких мышц бедра, икроножных мышц при выполнении специальных физических упражнений (рывок, толчок), свидетельствуют о более высоких амплитудных значениях у тяжелоатлетов мужского пола. Однако, было выявлено, что частотная активность мотонейронов к трапециевидным мышцам и двуглавым мышцам бедра выше у женщин. Установлено, что биоэлектрическая активность мышц и частота импульсации мотонейронов тем выше, чем меньше весовая категория тяжелоатлетов.

Методика диагностики функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов в покое и при мышечной деятельности

Диагностика функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов может проводиться в рамках углубленных медицинских обследований (УМО; 2 раза в год), этапных

комплексных обследований (ЭКО; 2 раза в год) и текущих обследований (ГО; при необходимости 2-3 раза в течение учебно-тренировочных сборов (УТС) или мезоциклов подготовки спортсменов.

Показания: необходимость в информации о функциональном состоянии НМА спортсменов в состоянии покоя и при физических нагрузках.

Противопоказаниями к проведению поверхностной электромиографии во время физических нагрузок являются наличие у исследуемых ограничений здоровья, острых заболеваний и обострений хронических заболеваний, противопоказания к физическим нагрузкам. К проведению у спортсменов стимуляционной электромиографии в состоянии покоя противопоказаний нет.

Для проведения исследования рекомендованы следующие параметры окружающей среды: температура воздуха +18 - +24 оС; относительная влажность воздуха 40-80%; атмосферное давление 84,0 - 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Рекомендуемое оснащение для проведения стимуляционной электромиографии: 4-х канальный АПК «Нейро-МВП» компании «Нейрософт» (г. Иваново); электроды; сантиметровая лента.

Рекомендуемое оснащение для проведения поверхностной электромиографии: система BTS Motion System (BTS Bioengineering, Италия), состоящая из двух тензодинамометрических платформ (60x40см), двух видеокамер, трех инфракрасных камер, программного обеспечения BTS SMART – Clinic; беспроводные электромиографические датчики BTS FREEEMG 1000; протокол для фазового разделения упражнения «рывок», «толчок»; электроды; тейп или фиксирующий пластырь; штанга (гриф, диски). Методика медицинского контроля функционального состояния спортсменов силовых видов спорта представлена на рисунке 3.

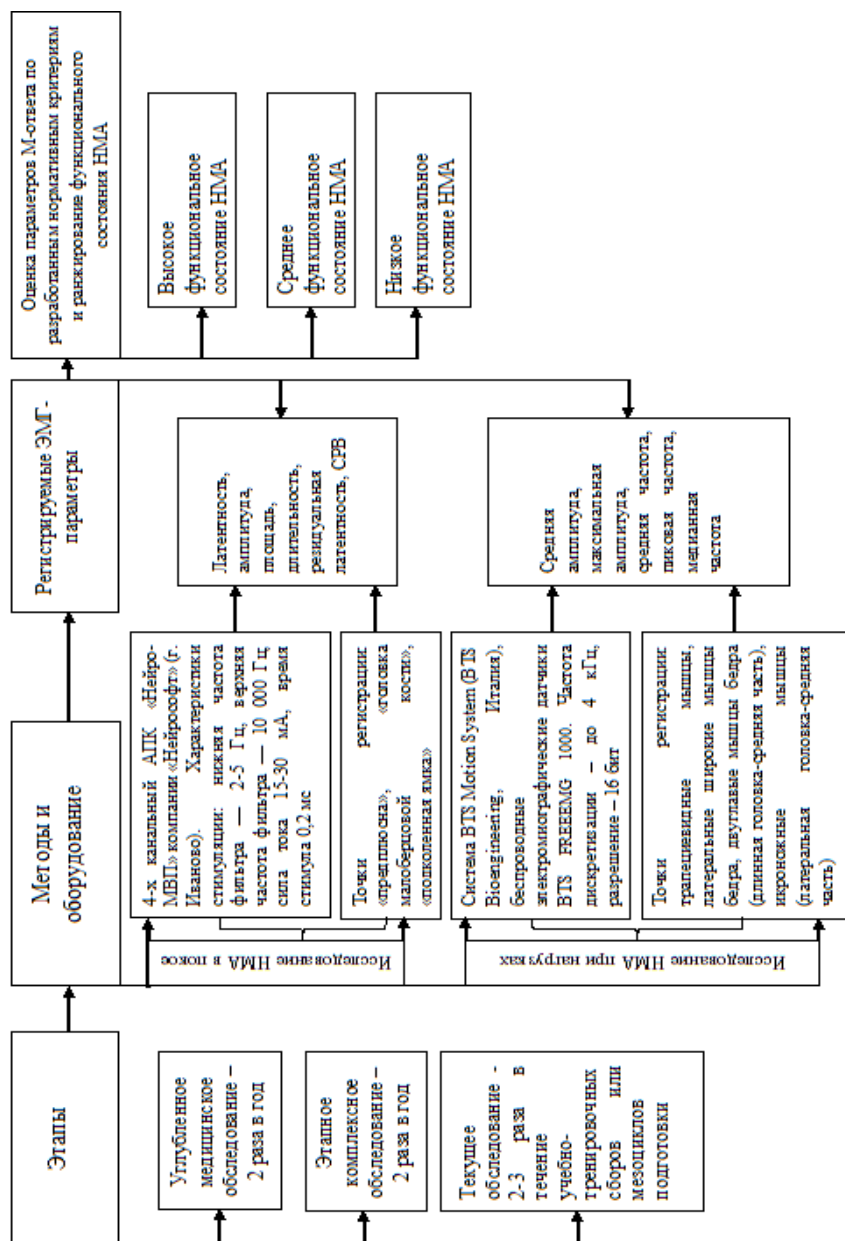


Рис. 3. Методика медицинского контроля функционального состояния НМА спортсменов силовых видов спорта

ВЫВОДЫ

1. Функциональная диагностика нервно-мышечного аппарата спортсменов с учетом специфических особенностей спортивной деятельности с помощью методик стимуляционной электромиографии в покое и поверхностной электромиографии при выполнении специальных соревновательных упражнений позволяет дать характеристику процессам как долговременной, так и срочной адаптации к спортивным нагрузкам. Проведенная оценка функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов свидетельствовала о необходимости учета спортивной специализации, половых особенностей и весовых характеристик.

2. Спортсмены силовых видов спорта имеют более высокие значения амплитуды и площади моторного ответа, низкие значения латентности и резидуальной латентности, высокие – скорости проведения импульса по участкам нервных волокон, в сравнении с общепринятыми клиническими нормами, что является результатом долговременной адаптации нервно-мышечного аппарата к специфической физической нагрузке.

3. Спортсмены силовых видов спорта, тренирующие преимущественно скоростно-силовые качества, имеют более высокие значения амплитуды моторного ответа ($p \leq 0,03$), скорости распространения возбуждения по нервному волокну ($p \leq 0,04$) и более низкие параметры латентности ($p \leq 0,05$) и резидуальной латентности ($p \leq 0,03$), в сравнении со спортсменами циклических и ситуационных видов спорта.

4. Оценка механизмов срочной адаптации нервно-мышечного аппарата к специфической физической нагрузке у высококвалифицированных тяжелоатлетов при выполнении специальных соревновательных упражнений (рывок и толчок) позволила констатировать, что в момент увеличения амплитудно-частотных показателей растет сила и скорость мышечного сокращения. Напряжение, развиваемое мышцами при выполнении тяжелоатлетического упражнения, меняется в зависимости от характера мышечного сокращения и возрастает преимущественно в фазы концентрического сокращения мышц.

5. Анализ гендерных особенностей функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов показал, что

тяжелоатлеты мужского пола имеют более высокие амплитудные значения всех исследуемых мышц, частотная активность мотонейронов к латеральным широким мышцам бедра и икроножным мышцам выше у мужчин ($p \leq 0,04$), а частотная активность мотонейронов к трапециевидным мышцам и двуглавым мышцам бедра выше у женщин ($p \leq 0,05$). Полученные амплитудные данные свидетельствуют о больших функциональных, а следовательно, и силовых возможностях мышечной ткани у спортсменов мужского пола, несмотря на высокую частотную активность мотонейронов у женщин.

6. Выявленные индивидуальные особенности, связанные с весовой категорией спортсменов свидетельствуют о том, что биоэлектрическая активность мышц и частота импульсации мотонейронов тем выше, чем меньше весовая категория тяжелоатлетов ($p \leq 0,02$). Это может быть обусловлено тем, что у спортсменов тяжелых весовых категорий при подъеме снаряда рекрутируются не все двигательные единицы, а только их часть, необходимая для развития требуемого мышечного напряжения. Спортсмены же средних и легких весовых категорий имеют более ограниченные функциональные возможности, и для развития необходимого мышечного напряжения при подъеме штанги у них существенно возрастает частота импульсации мотонейронов для вовлечения в сокращение дополнительных мышечных волокон, в результате чего синхронизируются активные двигательные единицы и амплитудные показатели увеличиваются.

7. Разработанная методика медицинского контроля функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов силовых видов спорта, включающая проведение стимуляционной электромиографии в покое, поверхностной электромиографии при выполнении физических упражнений, а также оценку показателей по разработанным нормативным критериям параметров моторного ответа и модельным характеристикам амплитудно-частотных параметров биоэлектрической активности мышц, апробированная на спортсменах-тяжелоатлетах, позволяет провести информативную оценку состояния спортсменов в рамках углубленных медицинских исследований, этапных и текущих комплексных исследований.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Разработанный алгоритм методики обследования НМА, который включает количественные модельные характеристики и нормативы для диагностической оценки оптимального функционального состояния мышц высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при физических нагрузках рекомендован к использованию при углубленном и этапном медицинском обследовании спортсменов, а также для динамического контроля функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным является проведение дальнейших исследований по разработке алгоритмов методик медицинского контроля за функциональным состоянием НМА спортсменов циклических и ситуационных видов спорта. Разработка модельных характеристик биоэлектрической активности мышц при выполнении специальных физических упражнений позволит контролировать функциональное состояние в динамике на всех этапах спортивной подготовки.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах, входящих в БД Scopus

1. Nopin S.V., Koryagina Y.V., Ter-Akopov G.N., Abutalimova S.M. Dynamics of muscle electric activity parameters and maximum power characteristics in different phases of performance of weightlifting snatch//Russian journal of biomechanics. 2021. 25(4). P. 329-337.
2. Koryagina Y.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N., Abutalimova S.M. The technique of automated biomechanical analysis of weightlifting exercises in the conditions of training activity // The 2021 International Symposium on Biomedical Engineering and Computational Biology (BECB 2021), August 13-15, 2021.

Публикации в журналах, входящих в перечень ВАК

1. Абуталимова С.М. Применение электромиографии для исследования функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса // Современные вопросы биомедицины. 2022. Т. 6. №. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_10
2. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М., Копанев А.Н. Биомеханические особенности техники тяжелоатлетического рывка у мужчин и женщин // Вестник спортивной науки. 2021. № 2. С.30-34.

3. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М. Сравнительная характеристика биомеханики тяжелоатлетического толчка у мужчин и женщин // Теория и практика физической культуры. 2021. № 7. С.10-12.
4. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Абуталимова С.М. Динамика параметров электрической активности мышц и силовых характеристик в разные фазы выполнения тяжелоатлетического рывка // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021. Т. 98. № 3-2.С.98-99.
5. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Абуталимова С.М., Тер-Акопов Г.Н., Сивохин И.П. Современные представления о физиологических и морфологических особенностях адаптации организма спортсменов к занятиям тяжелоатлетическими упражнениями // Современные вопросы биомедицины. 2021. Т.5. №1 (14). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_01_8
6. Абуталимова С.М., Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н. Сравнительный анализ показателей суммарной электромиографии спортсменов тяжелоатлетов мужского и женского пола при выполнении тяжелоатлетического толчка // Курортная медицина. 2020. № 4. С. 37-42.
7. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М. Методика экспресс-контроля за техникой выполнения тяжелоатлетических упражнений в условиях тренировочной деятельности // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2020. № 6. С. 14-16.
8. Абуталимова С.М., Нопин С.В. Характеристики стимуляционной и поверхностной электромиографии высококвалифицированных тяжелоатлетов в покое и при специфической спортивной нагрузке // Современные вопросы биомедицины. 2021. Т. 5. № 4 (17). DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_8
9. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М. Разработка методик диагностики функционального состояния опорно-двигательного аппарата тяжелоатлетов на основе биомеханических, динамометрических, нейромиографических характеристик движения // Современные вопросы биомедицины. 2020. Т. 4. № 3 (12). С. 62-85.
10. Абуталимова С.М., Корягина Ю.В., Нопин С.В. Сравнительный анализ показателей поверхностной электромиографии у спортсменов тяжелоатлетов мужского и женского пола во время выполнения тяжелоатлетического рывка // Современные вопросы биомедицины. 2020. Т. 4. № 4 (13). С. 54-62.
11. Нопин С.В., Копанев А.Н., Абуталимова С.М. Современные системы тестирования и анализа движений человека // Современные вопросы биомедицины. 2020. Т. 4. № 4 (13). С. 63-71.

12.Корягина Ю.В., Копанев А.Н., Нопин С.В., Абуталимова С.М. Анализ онлайн-систем тестирования для спорта и фитнеса // Современные вопросы биомедицины. 2020. Т. 4. № 4 (13). С. 99-104.

Свидетельства на результаты интеллектуальной деятельности

1. Абуталимова С.М., Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. Показатели функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов при выполнении физических упражнений. Свидетельство о регистрации базы данных №2021621916, 09.09.2021. Заявка № 2021621842 от 07.09.2021.

Статьи, опубликованные в сборниках трудов конференций

1. Абуталимова С.М., Корягина Ю.В., Нопин С.В. Гендерные особенности показателей поверхностной электромиографии у тяжелоатлетов при выполнении рывка // Медицина и спорт. Материалы III Международной научно-практической конференции. – Ташкент: РНПЦСМ, 2021. – С.130-132.

2. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н., Абуталимова С.М., Копанев А.Н. Функциональное состояние лыжниц и биатлонисток и эффективность различных восстановительных мероприятий в период срочной адаптации к условиям среднегорья // В сборнике: Современная система спортивной подготовки в биатлоне. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией Н.С. Загурского. – 2020. – С. 64-71.

3. Абуталимова С.М., Абуталимов А.Ш. Особенности нервно-мышечной передачи у легкоатлетов-бегунов на различные дистанции // В книге: Юбилейная международная научно-практическая конференция «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России: 75 лет на страже здоровья людей». Тезисы докладов юбилейной международной научно-практической конференции. Москва, 2021. – С. 14-15.

Методические рекомендации

1. Абуталимова С.М., Корягина Ю.В., Нопин С.В. Тер-Акопов Г.Н., Акимкина О.Н. Методика диагностики функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов в покое и при мышечной деятельности (на примере тяжелой атлетики). - Ессентуки: ФГБУ СКФНЦ ФМБА России, 2022. – 82 с.

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

М-ответ – моторный ответ

НМА – нервно-мышечный аппарат

пЭМГ –поверхностная электромиография

СРВ – скорость распространения возбуждения

ЭМГ-электромиография