

На правах рукописи



Семченко Антон Александрович

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА
СПОРТСМЕНОВ-БАРЬЕРИСТОВ ПРИ АДАПТАЦИИ
К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

03.03.01 – Физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель: доктор биологических наук, доцент
Ненашева Анна Валерьевна

Официальные оппоненты:

Абзалов Ринат Абзалович, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кафедра теории и методики физической культуры, спорта и ЛФК, профессор

Мехдиева Камилия Рамазановна, кандидат медицинских наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра сервиса и оздоровительных технологий, доцент

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганская государственная областная научная библиотека им. А.С. Пушкина»

Защита состоится 24 декабря 2019 года в 10 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.10, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (корпус НИИ ББ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ:
<http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/SemchenkoAA24122019.html>

Автореферат разослан « ____ » ноября 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

Носков Юрий Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 августа 2009 г. № 1101-р «Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года», оптимизация медико-биологического мониторинга за функциональным состоянием спортсменов в ходе тренировочного процесса является приоритетной задачей развития олимпийского спорта в стране.

Оценка функционального состояния в современном олимпийском спорте выступает как фактор, определяющий возможности повышения эффективности соревновательной деятельности [Wilmore J.H., 2001; Фомин Н.А., 2003; Иорданская Ф.А., 2008; Платонов В.Н., 2010; Павлова В.И., 2013; Быков Е.В., 2012; Исаев А.П., 2017].

Функциональное состояние спортсмена зависит от сбалансированности регулирующих систем, обеспечивающих реализацию соревновательного движения, при этом формируется конкретная оптимальная «модель» функционального состояния [Kenney W.L., Wilmore J.H., Costill D.L., 2015; Эрлих В.В., Исаев А.П., 2015].

Для исследования целостной модели функционального состояния организма спортсменов, необходима комплексная оценка физиологических показателей, относящихся к реализующим специфическую мышечную деятельность системам организма и совокупная интерпретация анализа динамики этих показателей в структуре системы тренировочно-соревновательной подготовки [Харитонова Л.Г., 2006; Волков С.Н. с соавт., 2011; Романов Ю.Н., 2014; Терзи М.С., 2016].

Барьерный бег – сложнокоординационный скоростно-силовой вид легкой атлетики, в основе которого – циклически повторяющаяся структура опорных и безопорных положений тела [Jarver J., 1997; Жилкин А.И. с соавт., 2003]. Характерная для барьерного бега асимметричная нагрузка, сложная кинематическая структура соревновательного упражнения, контраполатеральная синхронизация работы мышц, сочетанное воздействие мышечных и вестибулярных нагрузок в зонах максимальной и субмаксимальной мощности предъявляют высокие требования к скелетно-мышечной, кардиопульмональной и постурологической системам организма спортсмена [Мирзоев О.М. с соавт., 2007; Черняев А.А., 2009; Морозов А.П., Бенманспур И.В., 2010; Iskra J., 2012]. Несмотря на это, к настоящему времени, недостаточно изученными остаются особенности локомоторной функции, сердечной регуляции, активности метаболических процессов, изменений морфометрии, компонентного состава тела и статокинетической устойчивости организма атлетов в условиях адаптации к специфической мышечной деятельности в барьерном беге.

Степень разработанности темы исследования. В научной литературе значительное внимание уделяется проблемам биомеханического [Козловский А.В., 2003; Ледовская О.А., 2008; Iskra J., 2012] и педагогического [Брейзер В.В., 1974; Балахничев В.В., 1977; Акилов М.В., 1999; Li Y., 2006;

Германова Е.Г., 2007] обоснования процесса спортивной подготовки барьеристов. Существенно меньше внимания отводится изучению физиологических особенностей адаптации к физическим нагрузкам на модели тренировочной деятельности в барьерном беге [Iskra J., 2001]. Встречаются отдельные и не систематизированные данные относительно психоэмоциональной характеристики функционального состояния спортсменов-барьеристов [Jarver J., 1997] и особенностей энергообеспечения данной модели нагрузки [Jürimäe J., 2011]. Рядом авторов определены пути повышения спортивной работоспособности барьеристов только на основе данных психофизиологического и биохимического исследования [Мирзоев О.М. с соавт., 2007]. Между тем комплексная оценка функционального состояния по параметрам систем, непосредственно реализующим соревновательное упражнение спортсмена-барьериста, позволит выявить абсолютные значения двигательных нагрузок по основным средствам подготовки для достижения более высокого результата в условиях удовлетворительной адаптации.

Все выше сказанное, свидетельствует о научной актуальности всесторонней оценки функционального состояния отдельных систем организма спортсменов, специализирующихся в таком сложном, с т.з. синтеза эквивалентных по вкладу, но противоположных по механизмам адаптации качеств, виде спорта, как барьерный бег, которая включает определение критериев и наиболее значимых показателей в процессе биологического мониторинга, в целях повышения спортивного мастерства и подведению барьеристов к социально-значимым соревнованиям без ущерба для здоровья.

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния организма спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности в зависимости от этапа подготовки.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи исследования**:

1. Определить характер функциональных сдвигов у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности.
2. Оценить влияние специфической мышечной деятельности спортсменов-барьеристов на морффункциональные показатели и статокинетическую устойчивость.
3. Установить электрофизиологические и эргоспирометрические особенности формирования функционального состояния удовлетворительной адаптации у спортсменов-барьеристов.
4. Сопоставить этапные показатели функционального состояния и показатели спортивного мастерства спортсменов-барьеристов.
5. Выделить физиологические показатели, определяющие уровень функциональной готовности организма спортсменов-барьеристов к эффективной реализации двигательного потенциала.

Научная новизна. На основе комплексного физиологического исследования впервые определены особенности системных механизмов при реализации адаптивного поведения человека на модели тренировочно-соревновательной деятельности в барьерном беге:

– доказано наличие дифференцированных, в зависимости от этапа подготовки, изменений морфофункциональных параметров тела;

– выявлено формирование ряда особенностей в электрофизиологических показателях сердечной регуляции, в частности, установлено, что сочетанное с брадикардией синусового характера повышение амплитуды элевации сегмента ST на этапе специальной подготовки является физиологической реакцией в ответ на факторы развития скоростно-силовой выносливости организма;

– определена направленность активности метаболических процессов в зависимости от объемов выполненной специфической мышечной работы в зоне анаэробно-алактатного энергообеспечения;

– впервые показана адаптационно-компенсаторная стабилизация выраженных отклонений постурологических и биокинематических показателей;

– новыми являются данные о функциональных изменениях, благодаря которым обеспечивается динамическая стабильность опорно-двигательного аппарата и совершенствование механизмов адаптации двигательной проприорецепции к оптокинетической провокации;

– впервые установлены системообразующие взаимосвязи в структуре функциональной готовности спортсменов-барьеристов к эффективной реализации двигательного потенциала;

– впервые описана модель потенциальных адаптационно-компенсаторных изменений функционального состояния спортсмена-барьериста в зависимости от характера двигательных нагрузок.

Теоретическая и практическая значимость. Выявленные в ходе исследования новые данные о функциональных особенностях организма спортсменов-барьеристов в условиях спортивной подготовки и соревновательной деятельности расширяют существующие представления о физиологических механизмах адаптации человека к различным факторам среды, а также существенно дополняют теорию спортивной подготовки в части разработки системы биологического мониторинга за состоянием физиологических функций организма, которые реализуют специфическую мышечную деятельность.

На основании результатов исследования возможна разработка спортивно-педагогических технологий научно обоснованной оценки функциональной подготовленности барьеристов, которые позволят тренеру по функциональной подготовке, спортсмену и спортивному врачу сделать вывод об уровне функционального состояния и фазе адаптации в любом цикле тренировочно-соревновательного блока и предпринять корrigирующие мероприятия.

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, внедрены в учебный процесс и научную работу подразделений ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» в виде учебного материала курсов по: физиологии физического воспитания и спорта; методам функционального мониторинга в физической культуре и спорте; физической культуре; адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам; а также используются

в практической работе тренерского состава МБУ «Спортивный город» и МБУ «Спортивная школа олимпийского резерва № 1 по легкой атлетике им. Е. Елесиной» г. Челябинска.

Методология и методы исследования. Методологическая основа настоящего диссертационного исследования базировалась на концептуальных положениях теории функциональных систем П.К. Анохина (1975), теории системного структурного следа Ф.З. Меерсона (1981) и теории организации движений Н.А. Бернштейна (1966). Использовались современные высокоточные и сертифицированные диагностирующие приборы. Для оценочной характеристики данных исследования применены информативные методы статистического анализа данных (корреляционный и дисперсионный анализ).

На защиту выносятся следующие положения:

1. В системе мониторинга функционального состояния организма спортсменов-барьеристов информативными биологическими показателями, определяющими успешность реализации двигательного потенциала, являются биокинематические и биодинамические показатели локомоторной функции, электрофизиологические параметры сердечной регуляции, тренд активности метаболических процессов, характеристики компонентного состава тела и статокинетической устойчивости.

2. Систематическая двигательная деятельность спортсменов-барьеристов в условиях специфической мышечной нагрузки «направляет» процесс адаптации организма по пути увеличения пластичности функционального состояния в период специальной подготовки и формирует его структурную жесткость в соревновательной фазе.

3. Функциональное состояние удовлетворительной адаптации организма спортсменов-барьеристов к специфической мышечной деятельности характеризуется формированием динамического двигательного стереотипа, сглаживанием моторной асимметрии, когерентностью колебаний в структуре кардиоциклов, фазовым характером изменений лабильных компонентов массы тела и повышением эффективности анаэробно-алактатного механизма энергообеспечения.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов диссертационного исследования обеспечивается опорой на фундаментальные работы и концептуальные идеи специалистов в вопросах медико-биологической оценки функционального состояния спортсменов; логически обоснованной и практически реализованной моделью научного изыскания; однородностью и репрезентативностью выборки обследуемых спортсменов; использованием комплекса статистически-информационных методов обработки результатов исследования, адекватных цели и задачам; воспроизводимостью и широкой апробацией результатов научного исследования.

Материалы диссертационного исследования были представлены и обсуждены на: 7-ой научной конференции аспирантов и докторантов ЮУрГУ «Научный поиск. Естественные науки» (Челябинск, 2015); Международной научной конференции РАЕ «Научные исследования высшей школы

по приоритетным направлениям науки и техники» (Москва, 2016); 1-ой Международной конференции по инновациям в спорте, туризме и образовании «icISTIS–2016» (Челябинск, 2016); Международной научно-практической конференции «Алдамжаровские чтения–2016» (Костанай, 2016); 13-ой Европейской конференции по биологии и медицинским наукам (XIII European Conference on Biology and Medical Sciences) (Vienna, 2017); XXIII Съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова (Воронеж, 2017); 2-ой Международной конференции по инновациям в спорте, туризме и образовании «icISTIS–2017» (Челябинск, 2017); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам» (Казань, 2017); XII Международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине (PhysioMedi–12)» (Санкт-Петербург, 2018).

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 10 научных работ, в том числе 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (из них 4 статьи в изданиях, входящих в международные научометрические реферативные базы данных Scopus и Web of Science).

Связь темы диссертации с научными программами и договорными исследованиями. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом НИР в рамках комплексной темы исследований ЮУрГУ (НИУ) на 2015–2018 гг. «Изучение системной и структурной организации адаптивных перестроек в организме спортсменов при воздействии различных по характеру тренировочных и соревновательных факторов», в том числе в рамках программы государственной поддержки ведущих университетов РФ в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (проект 5–100).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 120 страницах и состоит из: введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы, включающего 143 отечественных и 43 иностранных научных работ. Диссертационная работа иллюстрирована 15 таблицами и 16 рисунками.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА БАРЬЕРИСТОВ С ПОЗИЦИЙ ИНТЕГРАТИВНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

В первой главе представлен аналитический обзор подходов к определению и проблеме оценки функционального состояния организма спортсмена, раскрыты современные представления о влиянии специфической мышечной деятельности на функциональное состояние организма спортсменов, а также дана физиологическая характеристика системы тренировочно-соревновательной подготовки в беге с барьерами.

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ, МЕТОДИКИ И ОРГАНИЗАЦИОННО-МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в период с 2014 по 2018 гг. на базе 2-х структурных подразделений Института спорта, туризма и сервиса ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»: кафедры «Теория и методика физической культуры и спорта» и НИЦ спортивной науки.

В качестве основной группы выступали спортсмены-барьеристы в количестве 12 человек. Средний возраст обследуемых спортсменов составил 23 года, средний стаж специализации в барьерном беге – 9 лет.

Всего было проведено 642 исследования в трех сериях, интервалы между которыми по времени соотносились с основными фазами системы тренировочной и соревновательной подготовки барьеристов (рисунок 1).

В отдельных исследованиях для исключения влияния неспецифических факторов нагрузки применялся сравнительный анализ показателей основной группы с однородной по возрасту и региону проживания группой мужчин в количестве 30 человек (группа сравнения).

Организация исследования регламентировалась протоколом Конвенции Совета Европы «О правах человека и биомедицине» (1999) и Хельсинской Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 г.).

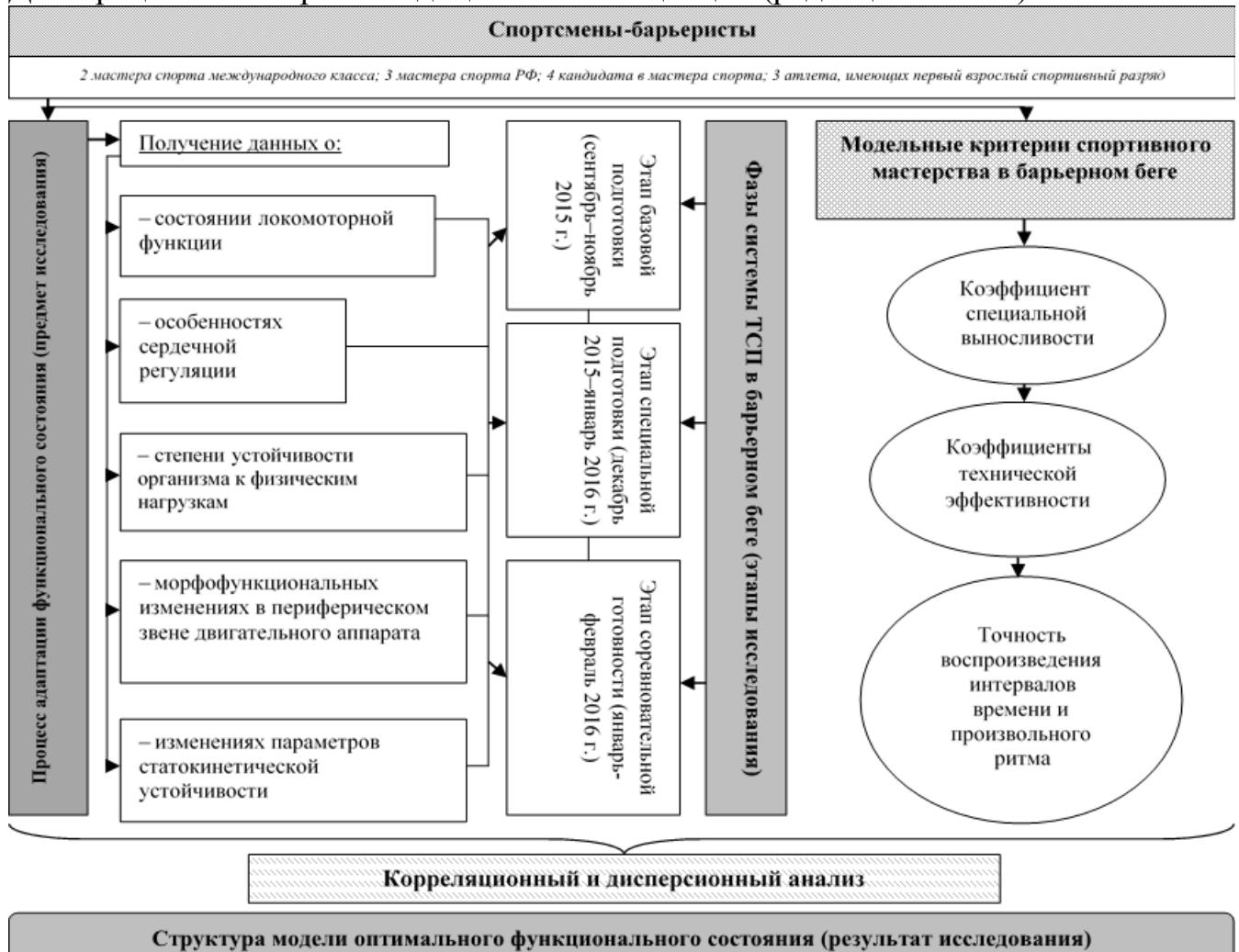


Рисунок 1 – Модель исследования

Морфофункциональное тестирование проводилось с помощью биоэлектрического импеданса на 4-х сенсорном анализаторе Tanita BC-418MA (Япония) и электронного ростомера РЭП (RS-232) (Россия).

Электрокардиографическое и эргоспирометрическое исследования проводились на основе регистрации и анализа данных, полученных при использовании диагностической стресс-системы CARDIOVIT AT-104 PC Ergo-Spiro (Швейцария). Функциональные способности сердца оценивались при записи синхронной 12-тиканальной ЭКГ покоя в положениях «лежа» и «сидя», а степень устойчивости организма к физической нагрузке в условиях 10-ти ступенчатой непрерывной нагрузочной пробы при трендмил-тесте (по протоколу X-BRUCE).

Исследование состояния локомоторной функции включало оценку биокинематических характеристик позвоночного столба, пояса верхних и нижних конечностей с использованием механизированного комплекса «3D-Сканер» (Россия) и функциональных свойств мышц на мультисуставном комплексе Biodex System 4 Pro (США).

Исследование механизмов регуляции активности мышечного тонуса проводили с помощью стабилометрической установки «МБН Стабило» (Россия) в «европейской» постановке с продолжительностью 30 с в 6 положениях.

В качестве **модельных критериев спортивного мастерства** барьеристов мы отобрали: коэффициент специальной выносливости, коэффициенты технической эффективности и показатель точности воспроизведения произвольного ритма.

Статистический анализ данных. Для оценочной характеристики данных применены методы статистической обработки цифрового материала по Stanton A. Glantz (1999) на платформе MS Excel 2013, программного пакета SPSS Statistics 19 и на платформе программы для статистического анализа данных R (версия 3.5.0). Нормальность распределения оценивали при помощи критерия Шапиро-Уилка. Анализировались средние (M), их отклонение (S) и ошибки (m), коэффициенты парной корреляции (r), результаты однофакторного дисперсионного анализа (One-Way ANOVA) с проверкой на частоту ложноположительных результатов в teste Тьюки. Критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05.

ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗМА БАРЬЕРИСТОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Оценка функциональной изменчивости отдельных компонентов состава тела. Длина тела у барьеристов достоверно превосходит тот же показатель в группе сравнения ($p<0,05$), что характеризует бегунов с барьерами как высокорослых спортсменов. ИМТ у обследуемых барьеристов находился в диапазоне нормальных значений, увеличиваясь к специальному этапу подготовки ($p<0,05$).

На фоне увеличения скорости метаболических процессов, связанных с повышением интенсивности специфических мышечных нагрузок от этапа

к этапу подготовки, значительно снижалась степень общей гидратации организма обследуемых спортсменов. Уже на специальном этапе подготовки показатель ОВТ организма барьеристов снизился на 7 %, а к соревновательному этапу – на 12 % (при $p<0,05$).

Величина ОО у обследуемых спортсменов превышала значения этого показателя в группе сравнения на протяжении всего исследования ($p<0,01–0,001$): на базовом этапе подготовки на 29 %, на специальном этапе подготовки на 35 %, на соревновательном этапе подготовки на 24 %, что, вероятно, обусловлено характерным для спортивной деятельности в барьерном беге повышением мышечного тонуса и мышечной гипертрофией. При адаптации к специфической мышечной деятельности величина ОО изменялась, увеличиваясь от базового этапа подготовки к специальному на 6 %, затем, снижаясь к соревновательному – на 9 % (при $p<0,05$), что свидетельствует о формировании устойчивого структурного следа в энергетических системах организма при подведении барьеристов к соревнованиям.

Показатели ЖМТ у спортсменов-барьеристов снижались от базового этапа подготовки к специальному на 13 %, от специального этапа подготовки к соревновательному на 8 % (при $p<0,05–0,01$). Скорость снижения ЖМТ у спортсменов была выше на специальном этапе подготовки, в течение которого мышечные нагрузки были ориентированы на развитие скоростно-силовой выносливости. Выполнение подобной специфической нагрузки на критической и надкритической скорости в условиях привычного энергопотребления привели к отрицательному энергетическому балансу, что объясняет вызванное уменьшение жира в теле [Wilmore J.H., Després J.P., Stanforth P.R. et al, 1999].

При сравнении значений показателей БМТ у спортсменов-барьеристов с показателями группы сравнения на базовом, специальном и соревновательном этапах выявлено увеличение на 21 %, 24 % и 34 % соответственно (при $p<0,001$). Особенности обменных процессов в организме спортсменов-барьеристов в зависимости от этапа подготовки направлены на энергетическое и структурно-функциональное обеспечение мышечной деятельности (активация липолиза и анаболизма в мышечной ткани) [Iskra J, 2001], что объясняет подобную динамику.

Оrientируясь на анализ биоимпедансного исследования, можно выявить, что на этапе специальной подготовки у барьеристов наблюдается статистически значимое снижение процентного содержания ЖТ во всех сегментах тела ($p<0,05$). Данная тенденция сохраняется и к соревновательному этапу подготовки, снижаясь в руках и ногах в среднем на 31 % (при $p<0,01–0,001$), а в туловище на 17 % (при $p<0,05$). БЖМ в различных сегментах тела у барьеристов увеличилась: на специальном этапе подготовки в руках на 5 %, в ногах на 7 %; на соревновательном этапе подготовки в руках на 9 %, в ногах на 7 %, в туловище на 9 % по отношению к базовому этапу ($p<0,05$). Наблюдалась профильная асимметрия в показателях процентного содержания ЖТ в ногах у барьеристов на специальном этапе подготовки. В правой ноге процент жировой ткани был выше по сравнению с показателем левой ноги (на 13 %, при $p<0,05$),

что говорит о разном характере мышечной деятельности при отработке маховых и толчковых движений нижних конечностей на этапе специальной подготовки.

Оценка функциональных особенностей сердечной регуляции.

Результаты исследования особенностей функционального состояния организма спортсменов-барьеристов на основных этапах подготовки по кардиоритмологическим показателям представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры ЭКГ у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ($M \pm S$)

| Показатели | | Этап | | |
|----------------------|------------------|-------------------------|---|--|
| | | Базовый | Специальный | Соревновательный |
| ЧСС, уд/мин | Барьеристы | $63,24 \pm 1,62^*$ | $58,38 \pm 1,46^{*\wedge}$ | $76,06 \pm 2,06^{**\wedge\wedge\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $70,1 \pm 2,06$ | $66,37 \pm 2,71$ | $68,35 \pm 1,1$ |
| Интервалы | | | | |
| RR, мс | Барьеристы | $950,3 \pm 17,58^*$ | $1030,46 \pm 13,2^{**\wedge}$ | $781,07 \pm 15,07^{*\wedge\wedge\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $852,44 \pm 36,51$ | $867,18 \pm 51,76$ | $863,1 \pm 36,85$ |
| P, мс | Барьеристы | $112,46 \pm 2,44^{**}$ | $82,02 \pm 1,35^{**\wedge\wedge\wedge}$ | $108,07 \pm 2,68^{*\wedge\wedge\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $96,1 \pm 4,07$ | $93,84 \pm 3,98$ | $93,31 \pm 5,13$ |
| PQ, мс | Барьеристы | $116,13 \pm 3,01^{**}$ | $152,39 \pm 0,39^{*\wedge\wedge\wedge}$ | $164,12 \pm 2,22^{**\wedge\wedge\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $144,04 \pm 7,62$ | $148,2 \pm 2,01$ | $148,41 \pm 4,73$ |
| QRS, мс | Барьеристы | $110,11 \pm 2,91^{***}$ | $102,34 \pm 2,38^{**\wedge}$ | $100,15 \pm 3,3^{**\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $84,25 \pm 5,34$ | $84,17 \pm 6,06$ | $86,58 \pm 5,57$ |
| QT, мс | Барьеристы | $396,2 \pm 6,43^{**}$ | $408,27 \pm 2,78^{***\wedge}$ | $358,41 \pm 3,89^{*\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $374,24 \pm 4,94$ | $371,74 \pm 6,26$ | $372,06 \pm 4,04$ |
| QT _C , мс | Барьеристы | $406,07 \pm 7,07$ | $402,05 \pm 6,3$ | $405,09 \pm 2,76$ |
| | Группа сравнения | $405,42 \pm 2,08$ | $407,32 \pm 5,46$ | $408,61 \pm 4,27$ |
| Оси | | | | |
| P, ° | Барьеристы | $90,18 \pm 6,01^{***}$ | $90,3 \pm 4,09^{***}$ | $61,3 \pm 5,1^{*\wedge\wedge\wedge}$ |
| | Группа сравнения | $59,3 \pm 3,42$ | $60,14 \pm 6,47$ | $57,83 \pm 7,25$ |
| QRS, ° | Барьеристы | $107,01 \pm 7,18$ | $80,18 \pm 8,9^{\wedge}$ | $86,17 \pm 3,67$ |
| | Группа сравнения | $90,27 \pm 6,2$ | $89,52 \pm 3,81$ | $89,03 \pm 8,09$ |
| T, ° | Барьеристы | $64,03 \pm 5,29^{***}$ | $50,14 \pm 5,81^{**}$ | $51,08 \pm 6,43^{**}$ |
| | Группа сравнения | $24,2 \pm 6,1$ | $28,01 \pm 4,65$ | $26,96 \pm 5,09$ |

* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ – уровень значимости отличий между группой барьеристов и группой сравнения; ^ – $p < 0,05$, ^ – $p < 0,01$, ^ – $p < 0,001$ – уровень значимости отличий между этапами подготовки внутри группы спортсменов-барьеристов

У спортсменов-барьеристов отмечается преобладание полувертикальной электрической позиции сердца ($p < 0,05$), что, вероятно, обусловлено конституциональными особенностями обследуемых спортсменов (высокий рост и длинная грудная клетка).

Несмотря на разнонаправленную динамику изменений длительности интервалов RR: повышение от базового этапа подготовки к специальному (на 8 %, при $p < 0,05$) и снижение к соревновательному этапу подготовки (на 31 %, при $p < 0,001$), вариабельность ритма у спортсменов-барьеристов не превышала 20 %. С учетом средних значений ЧСС мы можем говорить об отсутствии негативного влияния специфической мышечной деятельности в барьерном беге на нарушение сердечного ритма.

На специальном этапе подготовки в группе барьеристов наблюдалась брадикардия синусового характера ($p<0,05$). Урежение ЧСС у спортсменов в период тренировок, направленных на повышение аэробной производительности организма (в нашем случае – развитие специальной выносливости) является физиологической реакцией организма, препятствующей «изнашиванию» стенок миокарда [Дембо А.Г., 1989].

В динамике исследуемых периодов длительность потенциалов действия, возникающих в предсердиях у спортсменов-барьеристов была выше, чем в группе сравнения ($p<0,05–0,01$), но не превышала физиологических значений. Длительность предсердно-желудочковой проводимости на базовом этапе у барьеристов была ниже, чем в группе сравнения ($p<0,01$), у атлетов отмечалось функциональное укорочение интервала PQ ($PQ<120$ мс), что свидетельствовало о повышении симпатического тонуса. Однако в специальной и соревновательной фазе подготовки длительность интервала PQ повышалась, и в соревновательный период была выше показателей базового этапа (на 41 %, при $p<0,001$), но, несмотря на это, находилась в диапазоне референсных значений. Это свидетельствует о том, что повышающаяся интенсивность специфической мышечной деятельности при подведении спортсменов-барьеристов к ответственным состязаниям не оказывает патологического влияния на тонус блуждающего нерва.

Наблюдалось снижение длительности комплекса QRS у барьеристов от этапа базовой подготовки к соревновательному этапу (на 9 %, при $p<0,05$), что, вероятно, связано с увеличением периода времени необходимого для охвата возбуждением гипертрофированных под действием больших тренировочных нагрузок стенок миокарда. При регистрации изоэлектрического интервала на этапе специальной подготовки наблюдались неспецифические изменения – повышение данного сегмента ($p<0,05$). Данный факт, на наш взгляд, можно считать вариантом нормы ввиду отсутствия значимой динамики данного изменения в период соревнований.

Сравнительный анализ полученных значений длительности электрической систолы желудочек с должностными на всех этапах подготовки показал отсутствие значимой разницы, что свидетельствовало о формировании устойчивой адаптации атриовентрикулярной части проводящей системы сердца спортсменов к специфической мышечной деятельности.

Оценка степени устойчивости организма к физической нагрузке. На этапе базовой подготовки отмечался высокий тонус сосудов у обследуемых спортсменов при выполнении физической нагрузки. Средние величины ЧСС в группе барьеристов в момент максимальной нагрузки находились в пределах 181–189 уд/мин, что выше исходных показателей ЧСС ($p<0,001$). Базовый этап подготовки характеризовался также повышением артериального давления у обследуемых спортсменов при выполнении нагрузочного теста на тредбане.

Восстановление описанных выше параметров проходило неравномерно: выявлено повышение ЧСС в среднем на 7 уд/мин в первую минуту после прекращения педалирования, САД на $6,19\pm0,31$ ммРт и ДАД на $1,62\pm0,04$ ммРт ($p<0,05$). Максимальные значения метаболического эквивалента составляли в среднем $4,81\pm0,23$ METs, что свидетельствовало о средней степени устойчивости организма спортсменов-барьеристов к физической нагрузке

в период базовой подготовки. На наш взгляд, причиной подобных явлений являлась пониженная лабильность регуляторных структур, поддерживающих оптимальный уровень функционирования кардиореспираторной системы, ввиду ремоделирования адаптационных механизмов организма под специфику действующих мышечных нагрузок.

Графически изменения показателей активности метаболических процессов у спортсменов-барьеристов при нагрузке повышающейся мощности представлены на рисунке 2.

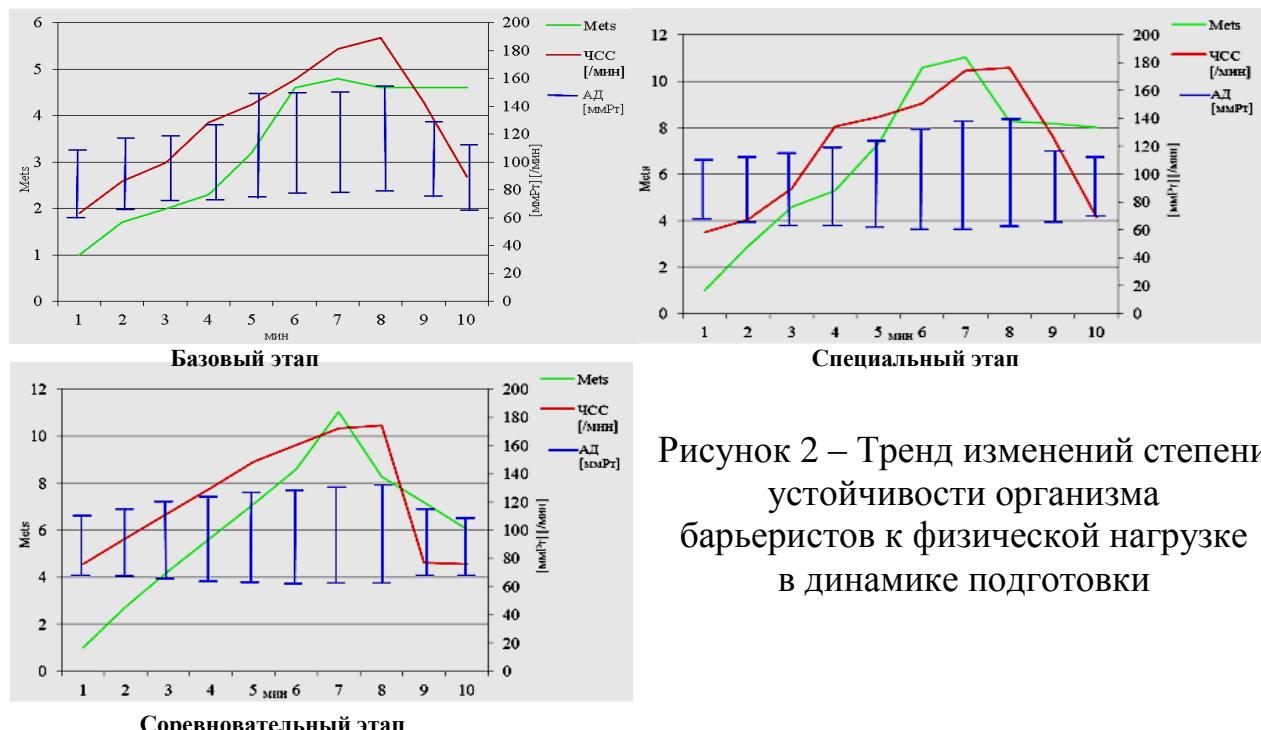


Рисунок 2 – Тренд изменений степени устойчивости организма барьеристов к физической нагрузке в динамике подготовки

На этапе специальной подготовки, в ответ на повышение объема средств, развивающих скоростно-силовую выносливость, наблюдалась разнонаправленная динамика изменения САД и ДАД по сравнению с базовым этапом подготовки. САД по-прежнему увеличивалось в период врабатывания в среднем на 6 %, – устойчивого состояния на 6 % – превышения АиП на 3 %. Показатели ДАД, напротив, имели тенденцию к снижению в среднем на $5,14 \pm 0,11$ ммРт к 10-й ступени нагрузки ($p < 0,05$). Процесс восстановления гемодинамических параметров по завершению нагрузочного теста носил более умеренный по сравнению с этапом базовой подготовки характер. Показатели ЧСС в первую минуту восстановления увеличились в среднем на 7 уд/мин ($p < 0,05$). Данный тип реакции организма можно расценивать как физиологический, т.к. он обуславливается адаптационно-приспособительным механизмом обеспечения скелетной мускулатуры кислородом при физической работе до отказа за счет уменьшения общего периферического сопротивления сосудистого русла [Набиуллин Р.Р., Абзолов Р.А. с соавт, 2008]. Параметры метаболического эквивалента имели схожую с базовым этапом подготовки динамику, однако максимальные значения данного показателя увеличились и составили в среднем $6,23 \pm 0,37$ METs.

В период соревнований у барьеристов отмечалось учащение сердцебиения в состоянии покоя в среднем на 17 уд/мин по сравнению со специальным этапом подготовки ($p<0,05$). Несмотря на это нами выявлены сниженные по сравнению с предыдущими фазами подготовки средние величины наступления АиП, о чем свидетельствовало уплощение подъема ЧСС: период врабатывания – 36 уд/мин, период устойчивого состояния – 30 уд/мин, период превышения АиП – 24 уд/мин; восстановление к исходным величинам фиксировалось в среднем по группе к концу первой минуты отдыха. При анализе показателей метаболического эквивалента спортсменов-барьеристов в период соревновательной подготовки мы зафиксировали среднегрупповое значение при превышении АиП на уровне $11,04\pm0,51$ METs.

Биокинематическая характеристика статики ОДА. Сравнительный анализ трехмерных моделей пространственного взаимоотношения ключевых сегментов ОДА позволил нам выявить ряд функциональных особенностей, характерных для долговременной адаптации к нагрузкам в барьерном беге:

- одностороннее укорочение верхней трапециевидной мышцы (*m. trapezius*);
- расслабление широчайшей мышцы спины (*m. latissimus dorsi*) с одной стороны на фоне ее напряжения с другой;
- одностороннее укорочение внутренней и наружной косых мышцы живота (*m. obliquus abdominis intemus & m. abdominis eksternus*);
- одностороннее укорочение мышцы, поднимающей лопатку, (*m. levator scapulae*) и квадратной мышцы поясницы (*m. quadratus lumborum*).

Сканирование сегментов пассивной части ОДА спортсменов-барьеристов на этапах базовой и специальной подготовки показало наличие умеренной сглаженности грудного кифоза ($p<0,05$) и незначительной гипермобильности тазовых костей ($p<0,05$), что, вероятно, обусловлено описанными выше функциональными особенностями. Несмотря на данную особенность, к соревновательному этапу нами установлена тенденция к устранению гипермобильности таза ($p<0,05$) и нормализации грудного кифоза за счет уменьшения углов наклона грудного (C7–Th12) и поясничного (Th12–L5) отделов позвоночника ($p<0,05$). Подобные биокинематические изменения, на наш взгляд, выступают как фактор, генерирующий эффективную соревновательную деятельность спортсменов-барьеристов, и носят адаптационно-компенсаторный характер.

На этапе специальной подготовки нами зафиксировано увеличение максимальной подвижности верхнего плечевого пояса, что объясняется совершенствованием функциональных возможностей «дистанционных» мышечных групп верхних конечностей в результате увеличения процентного распределения специфической мышечной нагрузки в данном периоде подготовки.

Биодинамическая характеристика изменений функциональных свойств ОДА. Согласно полученным данным изокинетического тестирования «стартовых» мышечных групп в период базовой подготовки установлена

латеральная асимметрия между максимальными показателями мышечной силы опорной и маховой ноги ($p<0,05$) (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели силы «стартовых» мышечных групп спортсменов-барьеристов в период базовой подготовки ($M\pm S$)

| Параметр Сустав, угл. скорость | Пик ВРМ, Нм | | Пик ВРМ/ВТ, % | |
|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ |
| ТБС (опорная нога), 45 град/с | 153,12±0,71 | 212,1±9,75 | 201,47±3,87 | 247,36±16,75 |
| ТБС (маховая нога), 45 град/с | 140,39±5,01° | 191,91±0,28 | 184,13±5,09° | 252,31±11,8 |
| ТБС (опорная нога), 300 град/с | 40,5±2,04 | 136,08±2,01 | 53,94±0,42 | 179,23±3,44 |
| ТБС (маховая нога), 300 град/с | 34,9±0,16° | 129,1±1,04° | 48,53±2,19° | 169,28±1,19° |

↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; ° – $p<0,05$ – уровень значимости отличий между опорной и маховой ногами

Асимметрия силовых характеристик между опорной частью ТБС и маховой была также установлена на специальном этапе подготовки при угловой скорости в 300 град/с ($p<0,05$) (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели силы «стартовых» мышечных групп спортсменов-барьеристов на специальном этапе подготовки ($M\pm S$)

| Параметр Сустав, угл. скорость | Пик ВРМ, Нм | | Пик ВРМ/ВТ, % | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ |
| ТБС (опорная нога), 45 град/с | 161,04±3,15 | 234,2±1,07 | 202,05±1,57 | 293,51±10,5 |
| ТБС (маховая нога), 45 град/с | 155,87±0,77 | 229,54±15,1 | 195,57±4,8 | 288,05±6,14 |
| ТБС (опорная нога), 300 град/с | 46,02±0,32 | 144,54±2,22 | 57,41±1,15 | 181,08±5,31 |
| ТБС (маховая нога), 300 град/с | 41,31±2,13° | 133,08±3,6° | 51,37±2,04° | 166,96±1,1° |

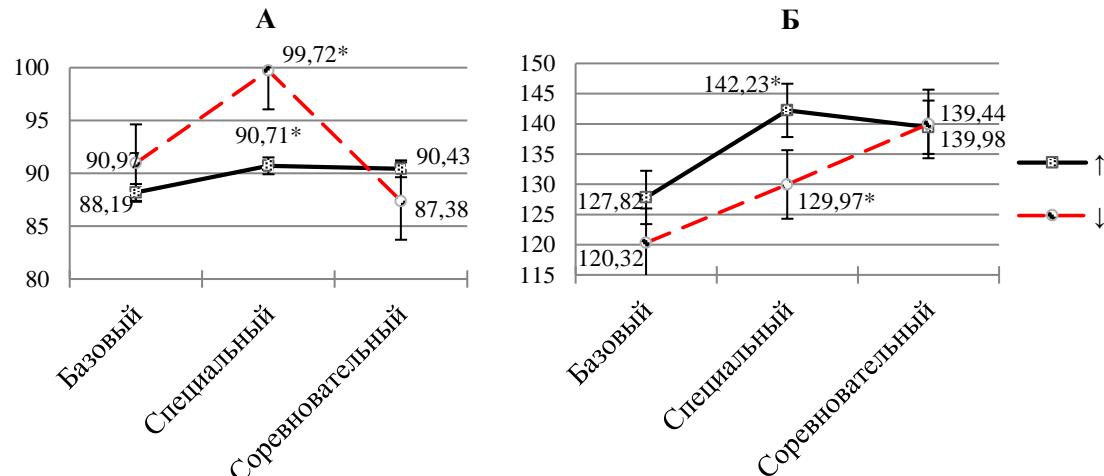
↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; ° – $p<0,05$ – уровень значимости отличий между опорной и маховой ногами

Отсутствие подобного различия на низкой угловой скорости свидетельствует о более высоком уровне силовой выносливости маховой ноги [Iskra J., 2012], что логично соотносится с особенностями данного этапа подготовки – высокий объем мышечных нагрузок, связанных с отработкой движений маховой ногой в режиме субмаксимальной мощности продолжительностью до 4 минут, т.е. в условиях анаэробно-гликолитического энергообеспечения.

На этом фоне интерес представляла собой динамика показателей средней мощности данных мышечных групп – увеличение которых и при сгибании ТБС и при его разгибании было установлено только в соревновательный период подготовки ($p<0,05$). Единообразная картина динамики показателей средней мощности наблюдалась нами и при анализе биодинамических характеристик «дистанционных» мышечных групп. Это позволило нам предположить, что специфические факторы целенаправленного повышения спортивного мастерства барьеристов на специальном этапе подготовки активизируют механизмы гипертрофии существующих мышечных волокон, усиления и синхронизации большего количества двигательных единиц в них, за счет чего происходит значительное увеличение максимальных силовых возможностей ОДА. Но, на этапе соревновательной подготовки, рост функциональных

возможностей ОДА у барьеристов связан, вероятнее, с механизмом повышения активности миозиновой АТФ-азы за счет появления новых гликолитических мышечных волокон, вследствие чего увеличивается не максимальная мышечная сила, а скорость ее генерации (т.е. мощность мышечного сокращения).

При анализе показателей отношения силы агонистов и антагонистов в период специальной подготовки было установлено, что данные показатели выше на 5,33 % при угловой скорости 300 град/с в ТБС опорной ноги и на 5,11 % выше в КС маховой ноги при той же угловой скорости ($p<0,05$) (рисунок 3).



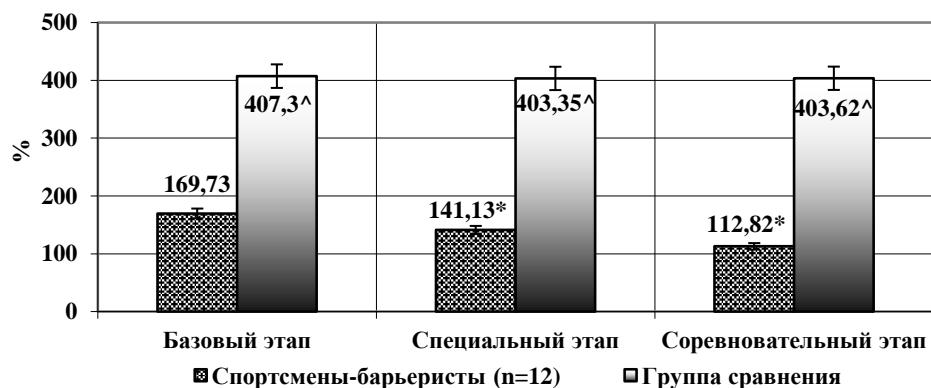
\uparrow , \downarrow – сгибание и разгибание сустава; $*$ – уровень значимости отличий между агонистами и антагонистами мышечных групп

Рисунок 3 – Изменения показателей реципрокной иннервации «стартовых» (А) и «дистанционных» (Б) мышечных групп у спортсменов-барьеристов в зависимости от этапа подготовки

На специальном этапе подготовки при билатеральной оценке суммарной мышечной силы сгибателей КС в повторе с максимально выполненной работой показатели опорной ноги превосходили показатели маховой (на 12,26 с) на угловой скорости 300 град/с ($p<0,05$). Данный факт может свидетельствовать о недостаточности синтеза нейромедиаторов в представленной мышечной группе на фоне развивающегося утомления, что привело к угнетению процесса генерации максимальной мышечной силы во всем диапазоне движения [Янда В., 2010]. Следует отметить, что отсутствие подобного функционального дисбаланса между этими показателями на угловой скорости 60 град/с констатирует необходимость проведения этапной изокинетической полидинамометрии у спортсменов-барьеристов и на высоких (≥ 180 град/с) и на низких (< 180 град/с) скоростях для выявления возможных патобиомеханических явлений и их своевременной коррекции.

Анализ параметров статокинетической устойчивости. Показатели КР спортсменов-барьеристов статистически значимо были ниже показателей мужчин группы сравнения в динамике всех исследуемых периодов ($p<0,001$) (рисунок 4). Сближение КР у барьеристов к показателю в 100 % от этапа базовой подготовки к этапу наивысшей соревновательной готовности свидетельствовало об аномальном повышении устойчивости механизмов контроля ортостатической позы, обусловленном, вероятно, снижением вклада зрительного

анализатора в контроль постурального баланса в процессе совершенствования механизмов адаптации двигательной проприорецепции к оптокинетической провокации, в качестве которой выступает визуальная информация о приближении к барьерау.



[^] – p<0,001 – уровень значимости отличий между группой спортсменов-барьеристов и группой сравнения; * – p<0,05 – уровень значимости отличий между этапами подготовки внутри группы спортсменов-барьеристов

Рисунок 4 – Изменения показателей КР у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

Положение ОЦД во фронтальной плоскости в период специальной подготовки имело тенденцию к смещению в сторону толчковой ноги ($p<0,01-0,001$), что свидетельствовало о наличии асимметрии нагрузления между правой и левой частями тела. Следует отметить, что в специальной фазе подготовки в сагиттальной плоскости положение ОЦД изменялось отклонением вперед в пробах: «поворот головы вправо» (на 9 мм, при $p<0,001$) и «поворот головы влево ГЗ» (на 8 мм, при $p<0,05$). Данная особенность не свидетельствовала о нарушениях нейрофизиологического механизма формирования СКУ, но характеризовала неэкономичный уровень энергозатрат на балансировку при реализации двигательного потенциала. По данным всех проведенных проб скорость перемещения ОЦД у спортсменов-барьеристов поэтапно снижалась, достигая уровня физиологической нормы ($p<0,05$) (рисунок 5).

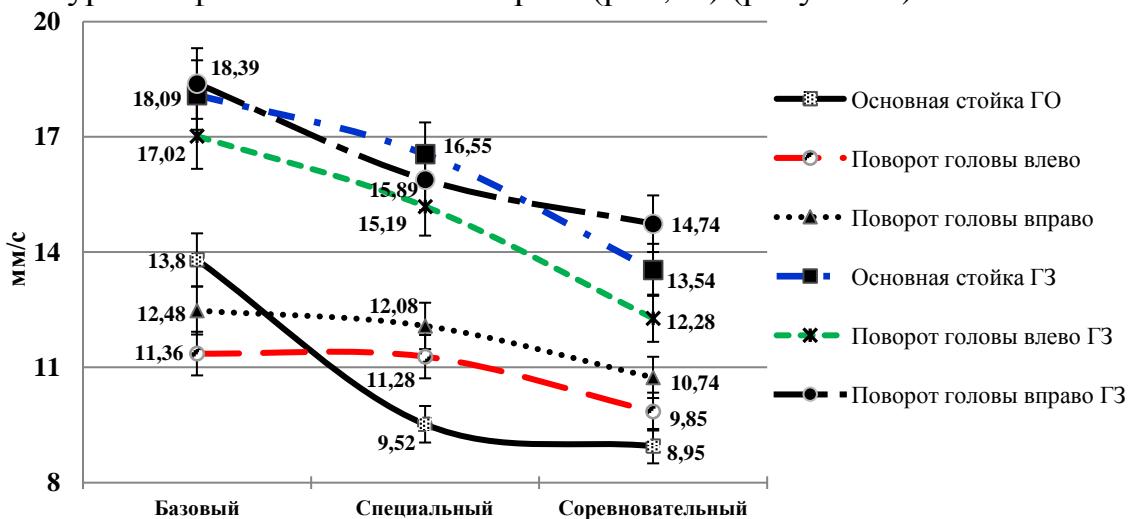


Рисунок 5 – Результаты анализа скорости перемещения ОЦД у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

Выявленная особенность свидетельствует о нивелировании степени напряжения работы компенсаторных звеньев, обеспечивающих точность коррекционных ответов системы межмышечной координации при реализации фаз атаки и преодоления барьерной планки (приближение положения нижних и верхних конечностей к ЦМТ, поддержание рациональной высоты ЦМТ над барьером).

Базовый и специальный этапы подготовки характеризовались более высокими показателями площади СКГ в период выполнения проб с поворотом головы вправо ($p<0,05$) (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели изменений площади СКГ у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ($M \pm m$), мм^2

| Проба | Этап | Базовый | Специальный | Соревновательный | Доверительные интервалы для европейской стойки |
|--------------------------|------|----------------------|----------------------|---------------------------|--|
| Основная стойка ГО | | $32,53 \pm 14,61$ | $52,69 \pm 23,04$ | $49,1 \pm 2,46$ | |
| Поворот головы влево | | $92,46 \pm 10,49$ | $112,11 \pm 15,8$ | $132,89 \pm 14,91^\wedge$ | $16,8 - 182,2$ |
| Поворот головы вправо | | $121,71 \pm 5,88^*$ | $167,74 \pm 10,07^*$ | $136,28 \pm 1,62^\wedge$ | |
| Основная стойка ГЗ | | $209,64 \pm 3,98$ | $147,04 \pm 31,69$ | $137,88 \pm 28,44^\wedge$ | |
| Поворот головы влево ГЗ | | $198,39 \pm 19,56$ | $60,08 \pm 14,42$ | $133,25 \pm 10,77^\wedge$ | $-26,7 - 544,6$ |
| Поворот головы вправо ГЗ | | $273,66 \pm 16,09^*$ | $109,71 \pm 9,13^*$ | $137,06 \pm 46,03^\wedge$ | |

* – $p<0,05$ – уровень значимости отличий между пробами с поворотом головы влево и вправо; ^ – $p<0,05$ – уровень значимости отличий между базовым и соревновательным этапом подготовки

Показатели спектральной мощности СКГ во фронтальной и сагиттальной плоскостях по всем проведенным пробам имели однотипную тенденцию к увеличению доли медленных высокоамплитудных колебаний частот на этапе специальной подготовки ($p<0,05$) и эскалации доли средних колебаний частот по мере увеличения доли специфических мышечных нагрузок ($p<0,05-0,01$).

Выявленные нами функциональные изменения параметров статокинетической устойчивости свидетельствуют о выработке у спортсменов-барьеристов устойчивого к специфической мышечной деятельности перекрестного двигательного стереотипа (контралатеральная синхронизация активности соответствующих проприорецепторов и миотатических рефлексов).

ГЛАВА 4 ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА-БАРЬЕРИСТА

В базовый период подготовки выявлены разноуровневые коэффициенты корреляции, различные по силе и по направлению (всего 16 статистически достоверных связей, при $p<0,05-0,01$). Наиболее сильные связи с модельными критериями спортивной результативности в барьерном беге установлены между эргоспирометрическими ($r=0,609-0,766$), гемодинамическими ($r=0,617-0,795$) и

биокинематическими ($r=0,708-0,717$) показателями функционального состояния спортсменов-барьеристов.

Количество системообразующих корреляционных плеяд в период специальной подготовки сократилось, однако увеличилось количество средних по силе обратных связей (с 4-х до 6-ти). Увеличилась сила взаимосвязи между частотой сердечных сокращений и коэффициентом специальной выносливости ($r=0,947$, при $p<0,001$). На этапе специальной подготовки объективно увеличился вклад показателей постурологического контроля в формирование оптимальной «модели» функционального состояния организма спортсменов-барьеристов.

В период соревнований до абсолютного уровня увеличилось количество сильных прямых и обратных корреляционных связей между статистически-значимыми показателями функционального состояния.

С целью формирования перспектив проведенного исследования, прогноза потенциальных закономерностей в формировании оптимальной модели функционального состояния организма спортсмена-барьериста мы подвергли полученные результаты исследования вторичной статистической обработке (рисунок 6) с описанием модели дисперсионного анализа на сравнение среднегрупповых значений.

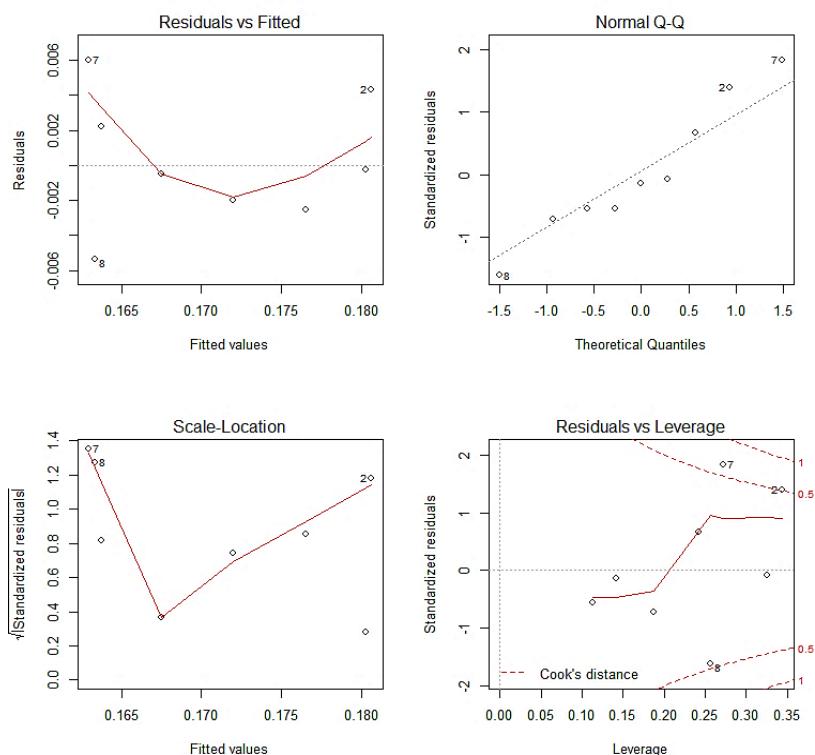


Рисунок 6 – Декомпозиция корреляционных плеяд функциональных показателей адаптации спортсменов-барьеристов при движении по этапам подготовки

Из совокупности физиологических показателей, подтвержденных на предмет наличия статистически-значимых корреляций с модельными характеристиками спортивной результативности в барьерном беге, на модели

однофакторной дисперсии нам удалось установить, изменения каких из этих показателей отражают адаптационно-компенсаторные механизмы, а какие носят случайный или частный характер (не вписываются в модель) и не влияют на успешность реализации соревновательной программы спортсмена-барьериста (ведут себя нехарактерно). Всего нами было выделено 12 модельных показателей. Значимая разница по наблюдаемым уровням фактора, в качестве которого принимали этап системы ТСП, и низкая вариативность зафиксирована в показателях: ОВТ (коэф. вариации – 2,18), ОО (коэф. вариации – 1,84), ЖМТ (коэф. вариации – 2,58), БМТ (коэф. вариации – 1,46), ЧСС (коэф. вариации – 2,47), интервалы РQ и QT (коэф. вариации – 1,45 и 1,12 соответственно), METs (коэф. вариации – 5,17), угол наклона таза (коэф. вариации – -9,03), коэффициент Ромберга (коэф. вариации – 6,04), Пик ВРМ (коэф. вариации – 2,96) и показателях площади СКГ, ассоциированных с сенсорным возмущением (коэф. вариации – 26,37).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижение совершенства адаптивных механизмов, обеспечивающих рациональное мышечное сокращение при реализации специфической мышечной деятельности – первостепенная задача при подготовке спортсменов экстра-класса в видах со сложной кинематической структурой соревновательных действий. Соревновательные действия спортсмена-барьериста складываются из «цепи» сложных двигательных актов, которые регулируются высшими кортикалыми структурами в реализации взаимодействия пространственно-кинематических представлений первичного проекта двигательных действий и их фактического воплощения.

Изменения одного или более биологических параметров, в описанной модели функционального состояния спортсмена-барьериста, отражают физиологическую «цену» нагрузок этапа системы тренировочно-соревновательной подготовки, что дает возможность предупредить переход адаптивных изменений за границы рационального приспособления.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Функциональное состояние организма спортсменов-барьеристов характеризуется мобилизацией функциональных резервов, обеспечивающих адаптацию к специфической мышечной деятельности, – от базового к специальному этапу подготовки (напряжение механизмов адаптации), и расширением адаптационной базы к этапу соревнований (состояние специализированной адаптации).

2. Под влиянием специфической мышечной деятельности происходят адаптивные перестройки, определяющие особенности морфометрической модели тела спортсменов-барьеристов. Установлено увеличение мышечного компонента массы тела на фоне мобилизации жирового и развитие рабочей дегидратации организма. Выявлена тенденция к нормализации грудного кифоза и устранению гипермобильности таза на этапе соревновательной подготовки за счет компенсирующих изменений в угловых показателях наклона грудного (C_7-Th_{12}) и поясничного ($Th_{12}-L_5$) отделов позвоночника.

3. Формирование двигательных навыков спортсменов-барьеристов сопровождается снижением влияния зрительного анализатора на статокинетическую устойчивость, стабилизацией отклонений статокинезиограммы и перераспределением функциональных осцилляций стабилограмм в сторону спектра мощности средних частот. Выявленное увеличение реципрокной иннервации у спортсменов-барьеристов в период специальной подготовки и стабилизация биодинамических показателей в соревновательный период являются следствием совершенствования механизмов коактивации мышц сгибателей и разгибателей.

4. При этапной оценке установлено, что функциональное состояние удовлетворительной адаптации организма спортсменов-барьеристов обеспечивается реакциями ремоделирования структуры кардиоциклов и повышения устойчивости анаэробно-алактатного механизма энергообеспечения, приводящими к увеличению пороговой мощности работы. Выявленное укорочение времени атриовентрикулярной проводимости и снижение лабильности гемодинамических регуляторных структур на этапе базовой подготовки является приспособительным механизмом для снижения тонуса блуждающего нерва на фоне повышающейся интенсивности специфической мышечной нагрузки.

5. Между показателями функционального состояния и показателями спортивного мастерства спортсменов-барьеристов существует взаимосвязь: повышение точности воспроизведения произвольного ритма обеспечивается более низким напряжением мышц-агонистов; увеличение коэффициента специальной выносливости сопряжено с урежением частоты сердечных сокращений и разнонаправленной динамикой лабильных компонентов массы тела; техническая эффективность напрямую зависит от степени усиления статокинетической устойчивости.

6. На модели однофакторной дисперсии установлены интегральные физиологические показатели, определяющие высокий уровень функциональной готовности организма спортсмена-барьериста к успешной реализации двигательного потенциала (метаболический эквивалент, степень гидратации, соотношение лабильных компонентов массы тела, режим кардиодинамики, гипермобильность тазовых костей, параметры статокинезиограммы, ассоциированные с сенсорным возмущением). Оценка предложенного комплекса показателей может применяться для контроля индивидуальной физиологической переносимости специфических мышечных нагрузок в системе мониторинга функционального состояния спортсменов-барьеристов.

Список сокращений

- МЕТс – метаболический эквивалент
- АнП – анаэробный порог
- БМТ – безжировая масса тела
- ВРМ – вращающий момент (момент силы)
- ДАД – диастолическое артериальное давление

| | |
|-----|--|
| ЖМТ | – жировая масса тела |
| КР | – коэффициент Ромберга |
| КС | – коленный сустав |
| ОДА | – опорно-двигательный аппарат |
| ОВТ | – общая вода тела |
| ОО | – основной обмен |
| ОЦД | – общий центр давления тела |
| САД | – систолическое артериальное давление |
| СКУ | – статокинетическая устойчивость |
| СКГ | – статокинезиограмма |
| ТБС | – тазобедренный сустав |
| ТСП | – тренировочно-соревновательная подготовка |
| ЦМТ | – центр масс тела |
| ЧСС | – частота сердечных сокращений |
| ЭКГ | – электрокардиография |

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Семченко А. А.** Тренд изменений степени толерантности организма барьеристов к физической нагрузке в различные фазы тренировочно-соревновательной подготовки / А. А. Семченко, А. В. Ненашева // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 89–93. – DOI: 10.14529/hsm170209. – 0,28 / 0,14 а.л.

Web of Science: Semchenko A. A. Tendency of changes in exercise tolerance in hurdlers at different stages of training and competitive conditioning / A. A. Semchenko, A. V. Nenasheva // Human. Sport. Medicine. – 2017. – Vol. 17, № 2. – P. 89–93.

2. **Семченко А. А.** Влияние длительной двигательной специализации в барьерном беге на биокинематические показатели нормальной статики опорно-двигательного аппарата / А. А. Семченко, А. В. Ненашева // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 66–72. – DOI: 10.14529/hsm17s07 – 0,43 / 0,22 а.л.

Web of Science: Semchenko A. A. Influence of long-term movement specialization in hurdling on the biokinematic parameters of normal statics of the locomotor system / A. A. Semchenko, A. V. Nenasheva // Human. Sport. Medicine. – 2017. – Vol. 17, № 5. – P. 66–72.

3. **Семченко А. А.** Функциональные изменения биодинамических параметров двигательного аппарата барьеристов при адаптации к тренировочным и соревновательным факторам / А. А. Семченко, А. В. Ненашева, А. В. Ворожейкина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – № 1 (Т. 18). – С. 106–111. – 0,38 / 0,13 а.л.

4. Семченко А. А. Особенности физиологической организации постурального баланса при длительной двигательной специализации в барьерном беге / А. А. Семченко, А. В. Ненашева, И. В. Изаровская, Е. В. Задорина, Э. Ф. Баймухаметова // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 6. – С. 26–28. – 0,19 / 0,04 а.л.

Scopus: Semchenko A. A. Postural control physiology specifics in elite hurdle racers due to long-term motor specialization / A. A. Semchenko, A. V. Nenasheva, I. V. Izarovskaya, E. V. Zadorina, E. F. Baymukhametova // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. – 2018. – № 6. – P. 26–28.

5. Semchenko A. A. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning / A. A. Semchenko, A. V. Nenasheva // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2018. – Vol. 69, is. 3. – P. 7–10. – DOI: 10.23736/S0394-3410.17.03854-1. – 0,25 / 0,13 а.л. (*Web of Science*).

Публикации в прочих научных изданиях:

6. Семченко А. А. Биоимпедансные оценки регионов тела у высококвалифицированных барьеристов в процессе спортивной подготовки и соревновательной деятельности / А. А. Семченко, А. В. Ненашева // Методологические проблемы прогнозирования в образовании и управлении им в контексте современного системного стиля мышления (Алдамжаровские чтения – 2016) : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию Независимости Республики Казахстан. Костанай, Республика Казахстан, 05 декабря 2016 г. – Костанай, 2016. – С. 245–247. – 0,19 / 0,09 а.л.

7. Semchenko A. A. Physiological characteristics of sport training system in hurdling / A. A. Semchenko // The Thirteen International Conference on Biology and Medical Sciences : proceedings. Vienna, Austria, March 15, 2017. – Vienna, 2017. – Р. 30–33. – 0,19 / 0,09 а.л.

8. Семченко А. А. Оценка степени функциональных изменений нормальной статики опорно-двигательного аппарата при длительной двигательной специализации в барьерном беге / А. А. Семченко, А. В. Ненашева // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И. П. Павлова. Воронеж, 18–22 сентября 2017 г. – Воронеж, 2017. – С. 2148–2149. – 0,12 / 0,06 а.л.

9. Семченко А. А. Кардиоритмологические особенности адаптации организма барьеристов высокой квалификации к нагрузкам в системе тренировочно-соревновательной подготовки / А. А. Семченко, А. В. Ненашева, В. И. Павлов, А. В. Ворожейкина // Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам : материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора А. С. Чинкина. Казань, 23–24 ноября 2017 г. – Казань, 2017. – С. 323–325. – 0,13 / 0,03 а.л.

10. Семченко А. А. Системообразующие связи в структуре функционального состояния организма спортсменов-барьеристов при адаптации к тренировочным и соревновательным нагрузкам / А. А. Семченко, А. В. Ненашева // Высокие технологии, инновации, финансы : сборник статей. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 59–61. – 0,18 / 0,09 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.
Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета
Заказ № 6044 от «23» октября 2019 г. Тираж 100 экз.
г. Томск Московский тр.8 тел. 53-15-28