

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

На правах рукописи



Семченко Антон Александрович

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

03.03.01 – Физиология

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель  
доктор биологических наук, доцент  
Ненашева Анна Валерьевна

Челябинск – 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА БАРЬЕРИСТОВ С ПОЗИЦИЙ ИНТЕГРАТИВНОЙ ФИЗИОЛОГИИ .....	12
1.1 Функциональное состояние организма спортсмена: подходы к определению и проблемы оценки .....	12
1.2 Современные представления о влиянии специфической мышечной деятельности на функциональное состояние организма спортсменов....	23
1.3 Физиологическая характеристика системы тренировочно- соревновательной подготовки в беге с барьерами .....	30
ГЛАВА 2 МЕТОДЫ, МЕТОДИКИ И ОРГАНИЗАЦИОННО-МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	35
2.1 Организация и модель исследования .....	35
2.2 Методики и инструментальные методы исследования .....	37
2.2.1 Методика морфофункционального тестирования .....	37
2.2.2 Методика электрокардиографического и эргоспирометрического исследований .....	38
2.2.3 Методы исследования состояния локомоторной функции .....	39
2.2.4 Стабилометрические методы исследования статокINETической устойчивости .....	41
2.2.5 Методы исследования специальной подготовленности барьеристов .....	42
2.2.6 Методы первичного статистического анализа данных .....	44
2.2.7 Методы вторичного статистического анализа данных.....	45
ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗМА БАРЬЕРИСТОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	47

3.1 Морфофункциональное состояние периферического отдела двигательного аппарата обследуемых барьеристов .....	47
3.2 Оценка функциональных особенностей сердечной регуляции у обследуемых барьеристов .....	54
3.3 Степень устойчивости организма обследуемых барьеристов к физической нагрузке .....	58
3.4 Биокинематическая характеристика функционального состояния позвоночного столба, пояса верхних и нижних конечностей обследуемых барьеристов .....	62
3.5 Изменения функциональных свойств мышечной системы у обследуемых барьеристов .....	67
3.6 Анализ параметров статокINETической устойчивости обследуемых барьеристов .....	73
<b>ГЛАВА 4 ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА-БАРЬЕРИСТА .....</b>	<b>81</b>
4.1 Системообразующие связи в структуре функционального состояния организма спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности .....	81
4.2 Компоненты модели оптимального функционального состояния организма спортсмена-барьериста в системе тренировочно-соревновательной подготовки .....	85
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>90</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....</b>	<b>96</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>98</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А Стандартные коэффициенты корреляции .....</b>	<b>119</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б Должные значения длительности электрической систолы сердца у спортсменов .....</b>	<b>120</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**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 [120].

Оценка функционального состояния в современном олимпийском спорте выступает как фактор, определяющий возможности повышения эффективности соревновательной деятельности [31; 96; 100; 129; 131; 182].

Функциональное состояние спортсмена зависит от сбалансированности регулирующих систем, обеспечивающих реализацию соревновательного движения, при этом формируется конкретная оптимальная «модель» функционального состояния [141; 162].

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 [36; 105; 125; 132].

Барьерный бег – сложнокоординационный скоростно-силовой вид легкой атлетики, в основе которого – циклически повторяющаяся структура опорных и безопорных положений тела [174]. Характерная для барьерного бега асимметричная нагрузка, сложная кинематическая структура соревновательного упражнения, контралатеральная 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 [85; 87; 135; 157]. Несмотря на это, к настоящему времени, недостаточно изученными остаются особенности локомоторной функции, сердечной регуляции, активности метаболических процессов, изменений морфометрии, компонентного состава тела и статокINETической 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 [62; 70; 155] и педагогического [6; 15; 29; 38; 163] обоснования процесса спортивной подготовки барьеристов. Существенно меньше внимания отводится изучению физиологических особенностей адаптации к физическим нагрузкам на модели тренировочной деятельности в барьерном беге [156]. Встречаются отдельные и не систематизированные данные относительно психоэмоциональной характеристики функционального состояния спортсменов-барьеристов [158] и особенностей энергообеспечения данной модели нагрузки [160]. Рядом авторов определены пути повышения спортивной работоспособности барьеристов только на основе данных психофизиологического и биохимического исследования [85]. Между тем комплексная оценка функционального состояния по параметрам систем, непосредственно реализующим соревновательное упражнение спортсмена-барьериста, позволит варьировать 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 системе тренировочной и соревновательной деятельности, в целях повышения

спортивного мастерства барьеристов и подведению их 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 морфофункциональные показатели и статокINETическую 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 исследования.** Выявленные в ходе исследования новые данные о функциональных особенностях организма высококвалифицированных 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 корректирующие мероприятия, при этом,

не нарушая первоначальный план подготовки к выступлению на ответственных соревнованиях.

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, внедрены в учебный процесс и научную работу подразделений ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и 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). Методика выявления особенностей функционального состояния организма спортсменов-барьеристов основана на работах по моделированию адаптивных состояний человека в спорте А.П. Исаева. Для более полной характеристики функционального состояния организма спортсменов был использован следующий комплекс методик: морфофункциональное тестирование (Tanita BC-418MA), электрокардиографическое и эргоспирометрическое исследования (стресс-система CARDIOVIT AT-104 PC Ergo-Spiro), оценка состояния локомоторной функции («3D-Сканер» и Biodex System 4 Pro), исследование механизмов регуляции активности мышечного тонуса («МБН Стабило»), методы математической статистики.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

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 статокINETической 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 исследования.** Степень достоверности результатов диссертационного исследования обеспечивается опорой на фундаментальные работы и концептуальные идеи отечественных и зарубежных специалистов в вопросах медико-биологической оценки функционального состояния спортсменов (А.Г. Дембо, В.Д. Сонькин, В.Н. Платонов, А.П. Исаев, Н.А. Фомин, Р.А. Абзалов, Е.В. Быков, Л.В. Капилевич, В.И. Павлова, В.Н. Селуянов, D.L. Costill, J.H. Wilmore); логически обоснованной и практически реализованной моделью научного изыскания; однородностью и репрезентативностью выборки обследуемых спортсменов; использованием комплекса статистически-информативных 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 РАН «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).

**Личный вклад автора.** Все исследования, которые представлены в диссертационном исследовании, статистический анализ и интерпретация полученных результатов, формулировка заключительных положений, подготовка рукописей по материалам исследования и их представление на научных форумах, оформление текста диссертации – выполнены автором лично.

**Связь темы диссертации с научными программами и договорными исследованиями.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы в рамках комплексной темы исследований Института спорта, туризма и сервиса «Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета)» на 2015–2018 гг. «Изучение системной и структурной

организации адаптивных перестроек в организме спортсменов при воздействии различных по характеру тренировочных и соревновательных факторов» и планом научно-исследовательской работы кафедры «Теория и методика физической культуры и спорта», в том числе в рамках программы государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (проект 5–100).

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 03.03.01 – Физиология (биологические науки) по областям исследования «Исследование закономерностей функционирования основных систем организма (двигательной и сердечно-сосудистой)» (п. 3 паспорта специальности) и «Изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным условиям (трудовым и социальным)» (п. 8 паспорта специальности).

**Публикации.** По теме 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 наукометрические реферативные базы данных Scopus и Web of Science).

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 120 страницах машинописного текста и состоит из: введения; четырех глав, содержащих обзор литературы по проблеме исследования, методы и организационно-модельные характеристики исследования, а также собственные результаты исследования и их обсуждение; заключения; списка сокращений и списка литературы, включающего 143 отечественных и 43 иностранных научных работ; приложений. Диссертационная работа иллюстрирована 15 таблицами (из них 2 таблицы в приложениях) и 16 рисунками.

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

## 1.1 Функциональное состояние организма спортсмена: подходы к определению и проблемы оценки

Термин «состояние» свидетельствует об устойчивости соответствующих явлений в психологической жизни человека, их однотипности и повторяемости в течение четко очерченного периода [49].

По мнению ряда исследователей, важнейшими свойствами состояний являются изменчивость и непрерывность [70; 75; 80]. Согласно с разнообразными эмпирическими данными, любое актуальное состояние вытекает из предыдущего состояния, что позволяет утверждать о «непрерывности» состояний. Что касается «изменчивости» состояний, перехода от одного состояния к другому, то пока исследователям не удалось обнаружить дискретность состояний, такое выраженное качество, которое бы отделяло одно состояние от другого, что, в свою очередь, не позволяет однозначно определять то или иное состояние конкретного человека [47].

Как отмечает Л.В. Каширина (1984), «чистых» состояний практически не существует [57]. Состояние – явление многомерное, поэтому ученые, как важнейшие, выделяют такие характеристики состояний как: эмоциональные (модальные); тонические (отражающие тонус, ресурс сил индивида); активационные (отражающие интенсивность психических процессов); временные (отражающие продолжительность, устойчивость состояний); полярность состояний и т.п. [136].

Много внимания уделено авторами рассмотрению временных характеристик состояний. В.Л. Марищук (1983) выделяла доминантные (наиболее характерные для субъекта) и промежуточные (переходные) состояния [75]. Ю.Е. Сосновикова (1975) разделяет состояния на: продолжительные,

относительно кратковременные и кратковременные [117]. Е.П. Ильин (2001) определяет состояния мимолетные (неустойчивые), длительные и хронические [50].

Категория «функциональное состояние» вступила в силу благодаря понятию «функциональная система» П.К. Анохина (1966): «... функциональное состояние – психофизиологическое явление со своими закономерностями, которые заложены в архитектуре особой функциональной системы ...» [10].

Достаточно качественное определение состояния дает Е.П. Ильин (1978): «... состояние – это реакция функциональных систем на внешние и внутренние воздействия, направленная на получение полезного результата» [49].

Понятие «функциональное состояние человека» является одним из самых неопределенных. Существует огромное количество определений, объясняющих данное понятие. Это связано с большим количеством проблем и методов исследования в этой области. С позиций интегративного подхода в физиологии, функциональное состояние можно определить как:

– качественно своеобразный ответ функциональных систем различных уровней на внешние и внутренние раздражители, возникающие в процессе деятельности [139];

– возможность выполнять конкретный вид деятельности с учетом влияния на здоровье человека [8];

– динамический результат взаимодействия различных подсистем организма [111];

– интегральный комплекс тех функций и характеристик, которые прямо или косвенно вызваны выполнением деятельности [47; 53];

– сложная системная реакция организма на деятельность, ответ организма на внешние и внутренние факторы деятельности [131].

Наиболее четким является определение «функционального состояния» человека, как интегрального комплекса функций и характеристик человека, которые вызваны выполнением деятельности [128]. Основными моментами в этом определении выделяется интегральный характер происходящих изменений,

имеющих прямую связь с динамикой эффективности деятельности. А.Б. Леонова (2007) подчеркивает, что понятие функционального состояния вводится для характеристики эффективной стороны деятельности или поведения человека. Речь идет о возможности человека, находящегося в том или ином состоянии, выполнять определенный вид деятельности [71].

Оценка функционального состояния организма при занятиях спортом имеет важное значение для оптимального построения учебно-тренировочного процесса, своевременного «выхода» спортсменов на высокий уровень физической подготовленности, что, наряду с другими факторами, обеспечивает достижение максимально возможного спортивного результата [14; 72; 99; 142].

Действительно, только в том случае, когда основные физиологические системы организма достигают наиболее оптимального уровня функционирования, оптимальной степени согласованности, можно говорить о возможности адекватного ответа на физические нагрузки разного объема и интенсивности [5; 31; 55].

Для практических тренеров, специалистов в области физического воспитания уже давно не является секретом тот факт, что для достижения высокого спортивного результата атлет должен быть подготовленным соответствующим образом в физическом, техническом, психологическом, тактическом, и, конечно же, функциональном отношении [88; 104; 114; 174 и др.].

Только в результате гармоничного развития всех составляющих спортивного успеха спортсмен действительно может показать те результаты, которые ждут от него многочисленные болельщики, специалисты, и на которые рассчитывает он сам [123].

Технически и тактически подготовленный спортсмен, прекрасно начиная свое спортивное выступление в беге, плавании, спортивных играх и т.д., часто резко «сдает» через определенное, в некоторых случаях, незначительное время, и его высокий технико-тактический уровень уже не может компенсировать значительное отставание от других спортсменов [43; 93].

Данный факт имеет вполне научное объяснение – при недостаточной функциональной подготовленности спортсмена в его организме очень быстро накапливаются признаки естественного утомления, в ЦНС начинают преобладать тормозные процессы, нарушающие оптимальный ход работы ведущих физиологических систем [2]. Отсюда проявление всех неблагоприятных признаков: учащение сердцебиения, повышение артериального давления, болевые ощущения, нарушение координации движений и т.д. [106; 130; 168].

В исследованиях J. Ekstrand, M. Hagglund, M. Walden (2011) показано, что для оптимального выполнения организмом физических нагрузок он должен обладать определенным энергетическим потенциалом и уметь очень экономно распоряжаться данным потенциалом [149]. Только в этом случае адаптация к нагрузкам будет оптимальной и тот или иной спортсмен может достичь необходимого результата.

Следовательно, можно сделать вывод, что физическая подготовленность и функциональное состояние является тем необходимым условием спортивного успеха, которое дает возможность реализовать все элементы спортивной подготовленности того или иного человека и является своеобразной базой для полной реализации всех других факторов.

Анализ многочисленных литературных источников по проблеме физической подготовленности и функционального состояния спортсменов приводит к мысли о том, что при оценке данного параметра важно определить не только уровень функционирования системы энергообеспечения, но и иметь четкое представление о таких ее показателях, как мощность, емкость, мера [25; 34; 52; 133].

Можно иметь, например, высокую алактатную емкость, но низкий показатель ее использования, в результате чего низкой будет алактатная мощность и, следовательно, спортивные результаты при выполнении скоростных и скоростно-силовых видов физических упражнений.

Казалось бы, проблема медико-биологического контроля физической подготовленности и функционального состояния спортсменов решена,

необходимо только реализовать ее практически с соответствующей корректировкой учебно-тренировочного процесса и ждать от спортсменов высоких результатов, рекордов и медалей. Но именно здесь, при всей ясности основных моментов диагностики физической подготовленности и функционального состояния, возникают основные проблемы, чаще всего связанные с практическим определением конкретного функционального показателя [19; 22; 26].

Как, например, определить алактатную емкость? Понятно, что необходимы методические подходы, связанные с определением содержания АТФ и КФ в организме спортсменов. Но это трудоемкие и очень дорогие методики, доступные далеко не всем, даже очень обеспеченным спортивным организациям и клубам. Прямое же определение алактатной емкости связано со значительными, до изнеможения, физическими нагрузками, постоянными заборами крови и других биологических жидкостей, что само по себе является негативным стрессовым фактором для обследуемого [88]. Спортсмены же, без большого желания идут на клинические и биохимические исследования во время тренировочной, а тем более соревновательной деятельности [32].

До сих пор еще нельзя сказать, что создана, действительно оптимальная система мониторинга уровня физической подготовленности и функционального состояния [51; 63; 134]. И это, несмотря на то, что ее алгоритм уже давно известен и тренерам, и спортсменам, и специалистам в области спорта, спортивной физиологии и медицины.

Кроме этого, D. Sugimoto, G.D. Myer, J.M. McKeon, T.E. Hewett (2012) в своих исследованиях указывают на объективно недостаточную эффективность функционального тестирования спортсменов различной специализации и квалификации, которая существует сейчас [175]. Она связана в значительной степени с отсутствием единой комплексной системы, в результате чего сам процесс тестирования сводится, в основном, к регистрации отдельных параметров физической подготовленности и функционального состояния с использованием целой «батареи» тестов.

Действительно, можно определить, например, уровень алактатной мощности и емкости, характеризующие скоростные качества, и при этом не иметь практически никакой информации о скоростно-силовых качествах, уровне общей выносливости, экономичности системы энергообеспечения и т.д. Все это приводит не только к увеличению продолжительности функционального тестирования, но и к излишней не тренировочной и не соревновательной перегрузке организма спортсменов [78; 110; 114].

Очевидным, в связи с вышеизложенным, представляется тот факт, что в данном вопросе возникла необходимость качественного прорыва, создания высокотехнологичных диагностических программ физической подготовленности спортсменов, без ущерба для их тренировочной и соревновательной деятельности.

В обосновании актуальности проблемы комплексной физиологической оценки исследователями был определен ряд проблем, которые негативно влияют на качество тренировочного процесса в целом, и конкретно, на определение уровня функционального состояния организма (ФСО) спортсмена и его готовность к соревнованиям [172].

Известно, что цель функционального контроля в спорте – контроль за уровнем функциональной готовности спортсмена к выполнению специфической тренировочной и соревновательной деятельности [37; 48; 66; 160]. Существует также мнение, что основной целевой установкой системы функционального контроля в спорте выступает анализ степени тренированности атлета [74]. Однако известный отечественный физиолог А.Г. Дембо (1988) утверждал: «... врач не имеет ни оснований, ни права решать вопрос о состоянии тренированности спортсмена» [44]. Оценка тренированности (комплексное понятие, отражающее все стороны специальной подготовленности спортсмена) – прерогатива спортивной педагогики, так как основополагающим показателем тренированности является спортивный результат [95].

Система функционального контроля в спорте, по мнению исследователей, многокомпонентна – это:

– оценка максимума «внешних» и «внутренних» информативных индикаторов работы организма атлета при выполнении им специфической двигательной деятельности [52];

– выявление состояний усталости, переутомления, перенапряжения и перетренированности организма, перенапряжения отдельных органов и систем в процессе тренировочной и соревновательной деятельности [127];

– раннее диагностирование развития патологических явлений и состояний [116];

– анализ соответствия применяемых тренировочных средств и системы подготовки ее целям и возможностям организма атлета с целью рационального планирования и индивидуализации процесса спортивной подготовки [70];

– изучение динамики функциональных показателей и сопоставление их с характеристиками тренировочной и соревновательной деятельности спортсмена [9];

– оперативный и текущий контроль за степенью усталости спортсмена во время тренировок и соревнований [93];

– применение результатов функционального контроля (оперативного, текущего, этапного) за степенью утомления спортсмена в периоды тренировок и соревнований в системе восстановительных мероприятий [118];

– оценка готовности спортсмена к выполнению тренировочной и соревновательной деятельности после перенесенных травм и заболеваний [93].

При современном совокупном оценивании степени тренированности спортсмена требуется включать биомеханические методы анализа «внешних» параметров соревновательного двигательного действия, биохимические и физиологические методы изучения деятельности отдельных анатомических систем организма, молекулярно-клеточные и иммунологические методы [129].

С.Е. Павлов (2012) считает, что при контроле за физическим состоянием и подготовленностью спортсменов в различных видах спорта должны учитываться следующие факторы: уровень квалификации спортсмена, который накладывает отпечаток на его показатели при функционально-диагностическом

обследовании; уровень физиологических требований к организму спортсмена, с учетом его достижений, амбиций и факторов, способствующих или препятствующих их реализации; учет специфики и типа физической активности [94]. В зависимости от приведенных факторов, все виды спорта разделены на: циклические, скоростно-силовые, игровые, единоборства, сложно-координационные [79]. Исходя из этого, должны отличаться и методы оценки функционального состояния и требования к обследованию спортсмена.

Комплексная физиологическая оценка в спорте предусматривает практическую реализацию различных форм контроля, который используется в структурных звеньях учебно-тренировочного процесса для получения объективной разносторонней информации о функциональном состоянии атлета и его изменениях с целью управления процессом спортивной подготовки [147]. Для этой цели в современной спортивной практике проводится три вида контроля: оперативный, текущий и этапный [137].

Количественный контроль над изменениями спортивной формы предусматривает оценивание: адаптации кардиопульмональной системы как в покое, а также и при выполнении стандартной физической нагрузки (проба Мартине; тесты МПК и  $PWC_{170}$ ) [103]. Наряду со стандартными физическими нагрузочными тестами существует комплекс тестов вестибулярной нагрузки. Это различные модификации теста Ромберга, оценка качества функции равновесия (КФР), проба «Мишень» и т.д. [115].

Кроме того, при подготовке спортсменов высокой квалификации в различных видах спорта разработаны тесты на определение специальной подготовленности, такие как: коэффициенты специальной выносливости, коэффициенты технической эффективности, точность воспроизведения интервалов времени, усилий, произвольного ритма и т.п. [140].

По мнению А.Е. Saw et al. (2016), одним из основных критериев оценки качества тренировочного процесса является физическая работоспособность (ФРС) [172]. «Физическая работоспособность» – понятие комплексное и его можно охарактеризовать рядом факторов. К ним относятся: морфофункциональные

характеристики периферического отдела двигательного аппарата; мощность, емкость и эффективность механизмов энергопродукции; функциональные свойства мышечной системы, состояние опорно-двигательного аппарата [130]. Вывод об уровне ФРС можно сделать только после комплексной оценки ее составляющих. При этом, чем большее количество учтенных факторов, тем точнее будет вывод о работоспособности обследуемого [12].

Для оценки общего функционального состояния организма (ФСО) спортсменов существует множество тестов, основанных на анализе электрофизиологических показателей сердечно-сосудистой системы под влиянием значительных физических нагрузок [28]. Такой подход имеет несколько существенных недостатков, среди которых можно отметить следующие:

- комплексное тестирование занимает не один день; перед началом необходимо выделить безнагрузочный день;
- изменяется первоначальный план подготовки к выступлению на соревнованиях;
- осуществляется в начале и в конце спортивного сезона и в периоды соревновательных пауз;
- отсутствует ясный вывод об уровне физической подготовленности; не диагностируются острые и хронические заболевания;
- не проводится после или во время получения травмы;
- в каждой спортивной специализации существуют специфические нагрузочные пробы; возрастной лимит [11].

Спортсмену и тренеру необходимо иметь объективную информацию об уровне ФСО в любой период тренировочно-соревновательного цикла, и, в особенности, непосредственно перед соревнованиями [68]. Таким образом, существует потребность в таком роде системы оценки ФСО, которая исключала бы выше обозначенные слабые стороны.

Не всегда при проектировании медицинской аппаратуры, в том числе и для спортсменов, разделяют критерии оценки состояния биологической и технической составляющих, не говоря уже об оценке их взаимодействия [166].

В большинстве случаев при проведении функционального контроля имеет место смещение акцентов в сторону лечебного компонента указанного процесса [82]. При этом не учитывают тот факт, что функциональный контроль по своему содержанию – это больше физиолого-педагогическое мероприятие, а не лечебное [145].

Вместе с тем не следует забывать, что при его проведении возникают ситуации, когда без помощи врача не обойтись. Это, прежде всего, травмы, острые и хронические болезни, во-вторых – выявление предельных и патологических состояний, что может быть зафиксировано только врачами в процессе выполнения спортивной деятельности [99]. При этом доступ к полученным данным должны иметь все: тренеры, врачи, физиологи, менеджеры, то есть все участники тренировочно-соревновательного процесса [93].

Это дает возможность сформировать часть требований к методам и способам регистрации и определения физиологических показателей и медицинской аппаратуре, особенно портативной и такой, которая может работать в автономном режиме.

Медицинская аппаратура, особенно, портативная, которая создается под задачи спорта, обязательно должна соответствовать требованиям современных принципов оценки уровня тренированности и функциональной готовности к выполнению тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов [144].

Обязательными, по мнению ряда исследователей, параметрами и показателями аэробной и анаэробной деятельности на всех этапах тренировочно-соревновательного процесса является контроль за частотой сердечных сокращений (ЧСС), а также показатели мышечной деятельности [19; 35; 44; 56; 151].

Обследования спортсменов должны проходить оперативно, но без потери их качества [169]. В связи с этим, тренировочно-диагностические процедуры и функциональные тесты должны быть недолгими во времени, не утомлять спортсменов, быть информативными, достоверными и такими, которые могут быть использованы тренерским составом с последующей передачей результатов для анализа и диагностики специалистам.

Согласно современным представлениям, анализ принципов управления и критериев оценки качественных и количественных параметров тренировочно-соревновательного процесса с позиции обеспечения одного из важнейших элементов системы подготовки спортсменов, а именно комплексного контроля, как совокупности организационных мероприятий для разносторонней оценки подготовленности спортсменов, их реакции на тренировочные, внутренировочные и соревновательные нагрузки и эффективности процесса в целом, является первостепенной задачей при разработке научно-обоснованной системы спортивной подготовки в каждом виде спорта [59; 97; 162].

А.А. Антонов (2013) в своей работе отмечает, что одним из путей решения обозначенных проблем физиологической оценки ФСО можно считать разработку информационных технологий и систем, построенных на соответствующих методах, моделях, алгоритмах, базах данных и тому подобное [11]. Такие системы и технологии должны оцениваться критериями, которые учитывают, как техническую составляющую системы, так и биологически-функциональное состояние организма и должны:

- быть интегральными (системными, одновременными, многофункциональными);
- отображать адаптивные возможности организма;
- формировать однозначный вывод об уровне ФСО;
- быть универсальными и по возможности не использовать нагрузку;
- проводиться в любой период тренировочно-соревновательного цикла;
- не иметь противопоказаний и ограничений возраста [11].

Таким образом, «функциональное состояние организма спортсмена» мы определяем, как интегральную характеристику состояния здоровья, отражающую уровень функционального резерва, который может быть использован для адаптации, реализующих специфическую мышечную деятельность, систем организма. Физиологическая оценка одного из важнейших показателей подготовленности спортсмена – функционального состояния, должна быть комплексной и учитывать критерии: антропометрии, оптимальности сердечной регуляции, толерантности к физической нагрузке, состояния опорно-двигательной функции и статокINETической устойчивости.

В то же время физиологическая оценка ФСО спортсмена должна быть интегральной, отображать адаптивные возможности организма (функциональный резерв), быть универсальной и выполняться по возможности, без нагрузок, а сам по себе функциональный контроль должен осуществляться в две стадии: «тренировочной» – в условиях специализированных центров, лабораторий, спортивных залов и «соревновательной» – непосредственно в условиях соревнований.

## **1.2 Современные представления о влиянии специфической мышечной деятельности на функциональное состояние организма спортсменов**

Вопрос разработки научно-обоснованной системы подготовки спортсменов вызывает повышенный интерес в современных условиях, когда достижения атлетов отдельного государства на Олимпийских играх и других престижных соревнованиях становятся своеобразным «лакмусом», отражающим положение страны в мировом сообществе [103; 110; 118].

В частности, медико-биологические исследования, в рамках этого направления, ориентированы на разработку критериев адаптации функционального состояния организма спортсменов к различным видам нагрузки и поиску средств и методов, повышающих функциональные резервы атлетов [1; 9; 31; 56; 66; 101; 118; 127].

Первостепенными факторами, оказывающими влияние на процесс адаптации функционального состояния организма спортсменов, являются специфические для вида их спортивной специализации двигательные нагрузки [52].

Физиологические механизмы, обуславливающие (при систематической двигательной деятельности) повышение уровня адаптации функционального состояния организма, сложны и многообразны [81]. Воздействие тренировочных и соревновательных нагрузок приводит к существенным изменениям физиологических, биохимических, иммунологических и психофизиологических показателей, к развитию морфофункциональных изменений в тканях скелетно-мышечной системы и органах [41; 64;73].

Исходя из положений концепции функциональных систем П.К. Анохина (1898–1974 гг.), можно предполагать, что специфика двигательной деятельности спортсмена производит изменения не непосредственно в тех органах и тканях, на которые она влияет, а опосредованно, через ряд систем организма, задействованных в реализации соревновательного упражнения [10]. Адаптация функционального состояния организма к тренировочным и соревновательным нагрузкам во всех случаях представляет собой реакцию целого организма, однако специфические изменения в тех или иных системах могут быть выражены в различной степени [61]. На сегодняшний день вопрос, в каких звеньях организма изменения первоначальны, а в каких – вторичны, остается открытым.

Однако имеющиеся данные уже позволяют полагать, что специфика тренировочных и соревновательных нагрузок в том или ином виде спорта обуславливает дифференцированные преобразования тканей скелетно-мышечной системы [45].

В исследованиях А.В. Дубровской (2007) показано, что обратимые морфофункциональные изменения в скелетно-мышечной системе, возникающие в результате перегрузок, имеют место у высококвалифицированных спортсменов, испытывающих большие по объему и интенсивности физические нагрузки [46]. Поэтому показатели состояния локомоторной функции могут служить важным

диагностическим критерием адаптированности организма к тому или иному виду физической нагрузки, а также частично характеризовать функциональное состояние организма спортсмена.

Особую актуальность привлекают исследования состояния скелетно-мышечной системы в видах спорта, которые по характеру воздействия на двигательный аппарат, отнесены к асимметричным видам: барьерный бег, бокс, фехтование, пулевая стрельба, бадминтон и т.п. [54; 113]. Эта проблема обуславливается высоким риском развития патологических состояний в мышечной и костно-суставной системах у спортсменов имеющих нагрузки асимметричного характера [3; 58].

По данным С.В. Седоченко, Н.Г. Германова, И.А. Сабировой (2015) специализация в асимметричных видах спорта приводит к выработке стереотипичности в поддержании оперативной позы, что приводит к нерациональной активизации двигательных единиц и, как следствие, к снижению показателей статокINETической устойчивости и гипердиссимилиации в ведущих конечностях [113].

К настоящему времени утвердилась теория, согласно которой развитие функциональной моторной асимметрии – необходимый адаптационно-приспособительный механизм, позволяющий компенсировать неблагоприятное влияние специфических асимметричных нагрузок вида спорта на опорно-двигательный аппарат [21; 138].

Н.В. Кадетовой (2014) проведен анализ данной проблемы на примере бадминтона, в ходе которого было выявлено, что на особенности адаптации функционального состояния организма атлета влияет также характер специфической асимметричной нагрузки вида спорта: преимущественно статическая или динамическая нагрузка [54].

Результаты исследования нейро-моторной адаптации японских легкоатлетов свидетельствуют о развитии функциональной моторной асимметрии в нейронных ответах у спортсменов с ростом стажа и квалификации; показана зависимость

функциональной адаптации организма от специфики двигательной специализации [69].

Анализ функциональной моторной асимметрии у представителей различных видов легкой атлетики подросткового возраста массовых разрядов показал большую выраженность силовой асимметрии ног у барьеристов и констатировал необходимость дальнейших исследований влияния данной проблемы на состояние процессов адаптации функционального состояния бегунов с барьерами, как группы риска с т.з. возможных патологических изменений в локомоторной системе [62].

Исследования С.Ф. Жорды (1995) подтверждают взаимосвязь специфики двигательной специализации с течением процесса адаптации человека к условиям внешней среды [159].

На сегодняшний день, также имеются экспериментальные данные, которые указывают на различный характер восстановления регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы в зависимости от характера спортивных нагрузок (тренировочные или соревновательные).

Так, в исследованиях И.А. Кошбахтиева и О.Л. Эрдонова (2013) показана своеобразность возбудимости сердечного пульса футболистов, заключающаяся в значительном повышении значений ЧСС в период соревнований по сравнению с этапами тренировочного периода, даже в фазе долговременной адаптации функционального состояния [67].

Анализ показателей влияния тренировочных и соревновательных нагрузок на функциональное состояние системы сердечной регуляции спортсменов Мордовского государственного педагогического института им. М.Е. Евсевьева, специализирующихся в различных по структуре соревновательного упражнения видах спорта, выявил признаки кардиальной перестройки, которые могут быть расценены как часть физиологически-нормальной адаптации только при динамическом наблюдении в различные фазы системы тренировочно-соревновательной подготовки [65].

На необходимость разработки модельных характеристик параметров сердечной регуляции и системы гемодинамики спортсменов в зависимости от специфики двигательной деятельности, а также этапа подготовки указывают и данные исследования реакций сердечно-сосудистой системы атлетов на динамические и статические нагрузки, проведенные отечественными кардиологами З.Б. Белоцерковским, Б.Г. Любиной, Ю.А. Борисовой (2012) [19].

Вклад специфики многолетних тренировок и участия в соревнованиях волейболистов, пауэрлифтеров, лыжников и борцов в процесс адаптации сердечно-сосудистой системы показан в исследовании И.Ф. Таминовой (2009). В ходе исследования было установлено, что в скоростно-силовых видах спорта, помимо оценки параметров сердечной регуляции и гемодинамики, необходимы исследования активности метаболических процессов, как ключевого индикатора адаптации системы энергообеспечения организма при реализации кратковременного соревновательного упражнения предельной или околопредельной интенсивности [126].

В настоящее время принято соотносить показатели активности метаболических процессов со степенью устойчивости (или толерантности) организма к физической нагрузке [7; 19]. Именно изменения степени толерантности организма к действию физической нагрузки свидетельствует о сопряженности адаптивных процессов в различных системах, обеспечивающих эффективную реализацию соревновательного движения [4; 20].

В.Г. Стрелец и А.А. Горелов (1995) в своих трудах указывали на имеющуюся взаимосвязь между гемодинамическими показателями толерантности к физической нагрузке и функциональными возможностями вестибулярного анализатора спортсмена [121].

Как известно, для подавляющего большинства видов спортивной специализации характерна кумуляция разных по величине раздражителей вестибулярного анализатора [90; 121]. При этом существует острая проблема в процессе реализации эффективной двигательной деятельности спортсмена, в связи с появлением дополнительного лимитирующего звена, которое

заключается в сочетанном влиянии мышечной и вестибулярной нагрузки [31]. В этой связи, особенности вестибулосенсорных и вестибулосоматических рефлексов, в первую очередь, учитываются при построении системы тренировочной и соревновательной подготовки в видах спорта с векториально-сложной кинематической структурой двигательных действий [177].

Поиск решения проблемы успешности реализации двигательных действий в условиях высокой вестибулярной нагрузки находит место в работах ряда исследователей [115; 142; 148; 152], которые солидарно акцентируют внимание в этом вопросе на необходимость развития особой способности организма спортсмена – статокINETической устойчивости.

Так, в исследованиях Р.А. Gribble, J. Hertel (2004) установлено, что оптимальность функционального состояния организма спортсмена обеспечивается совершенным уровнем развития статокINETической устойчивости [152].

Касаемо влияния фазовых нагрузок этапа тренировочного макроцикла, А.Н. Мишиным (1971) показано снижение уровня статокINETической устойчивости в предсоревновательном периоде у фигуристов, связанное с развитием процесса утомления на фоне повышающегося объема биомеханически-неестественных локомоций, выполняемых в условиях угловых, линейных и комбинированных ускорений [86].

Т.Е. Ковшура (2012) обращает внимание на то, что в подготовительном и соревновательном периодах системы тренировочной и соревновательной подготовки в спортивной аэробике на долю развития статокINETической устойчивости необходимо отводить не менее 40 % от общего объема выполняемой нагрузки.

Опираясь на экспертные заключения специалистов в области подготовки спортсменов экстра-класса, А.А. Васюкевич (2014) делает вывод о том, что аспект оценки уровня статокINETической устойчивости в условиях специфических тренировочных и соревновательных воздействий требует дальнейших медико-

физиологических исследований в этой области в целях более полного научного обоснования.

Консолидирующим фактором в исследованиях, посвященных роли статокинетической устойчивости в формировании оптимального функционального состояния организма атлета, является необходимость разработки критериев, учитывающих специфические характеристики гравиинерционных воздействий на атлета в процессе спортивной подготовки и соревновательной деятельности [1; 27; 106; 172].

Тесная взаимосвязь поиска механизмов управления сложнокоординационными соревновательными действиями в динамике системы спортивной подготовки с определением физиологических колебаний параметров биокинematики и биодинамики двигательного аппарата спортсмена обеспечивает на сегодняшний день выявление скрытого функционального резерва спортсмена [63; 105].

Как показано В.И. Дубровским (2007) в результате частых повторений однотипного двигательного действия, которое превышает по интенсивности физиологическую кинематику и динамику ОДА, возникают функциональные перенапряжения и снижение адаптоспособности организма спортсмена [45].

Известен ряд фактов, о патобиомеханических изменениях в костной и мышечной тканях при влиянии некоторых тренировочных и соревновательных факторов [183]. В качестве примера можно привести результаты исследований С.Н. Turner (1999), которые свидетельствуют о патологической перестройке звеньев позвоночного столба, ткани костей пояса верхних и нижних конечностей в результате несоразмерности между прочностью костной ткани и прилагаемой к ней тренировочной работы [178].

Следует отметить, что при функционально-больших тренировочных и соревновательных нагрузках, которыми характеризуется современная система многолетней спортивной подготовки, изменяется не сама структура костной ткани (соотношение остецитов, остеобластов и остеокластов; пространственная структура пучков коллагеновых волокон; уровень содержания неорганических

солей и органических веществ в костном матриксе), а структурная организация кости как органа (взаиморасположение костей в соответствии с индивидуальным двигательным профилем спортсмена) [98].

Таким образом, формирование комплекса структурно-функциональных изменений в организме спортсмена может зависеть от содержательной части специфических мышечных нагрузок, применяемых в системе тренировочной и соревновательной подготовки. Данное положение аргументируется тем, что специфика систематически выполняемых двигательных актов при занятиях определенным видом спортивной специализации оказывает доминирующее влияние на большинство структурных элементов и систем организма, формируя при этом конкретную оптимальную «модель» функциональной системы (функционального состояния).

Резюмируя все вышеизложенное, мы приходим к выводу, что к структурным компонентам «модели» функционального состояния организма спортсменов-барьеристов следует отнести данные:

- о морфофункциональных изменениях в периферическом звене двигательного аппарата;
- о функциональных особенностях сердечной регуляции;
- о степени толерантности организма к физическим нагрузкам (на основе показателей активности метаболических процессов);
- об изменениях параметров статокINETической устойчивости;
- о состоянии локомоторной функции (включая функциональные свойства мышечной системы и поструральные характеристики костно-суставного аппарата).

### **1.3 Физиологическая характеристика системы тренировочно-соревновательной подготовки в беге с барьерами**

На сегодняшний день барьерный бег включает в себя шесть спортивных дисциплин, 4 из которых включены в программу Олимпийских игр. Современный

барьерный бег предъявляет высокие требования к физической и функциональной подготовке спортсменов [83; 150].

К специфическим особенностям биомеханики барьерного бега относят:

- высокую и максимальную скорость бега по дистанции;
- наличие строго-регламентированных препятствий (барьеров);
- наличие индивидуальных динамических и кинематических различий в преодолении барьеров и ритме бега между ними [154].

Исходя из этого, успешность выступления барьеристов в ходе соревновательной деятельности определяется рациональностью индивидуального стиля техники [15; 84].

Индивидуальный стиль техники барьериста всегда специфичен и напрямую зависит от степени развития функциональной системы движений (костно-мышечный аппарат и механизмы регуляции и координации двигательных действий) [156].

Функциональная система движений барьеристов формируется в результате влияния различных по направленности (тренировочные или соревновательные, аэробные или анаэробные и т.д.) физических нагрузок, и специфичных для вида спорта физиолого-биомеханических характеристик структуры соревновательного упражнения [30; 163].

В структуре барьерного бега выделяют следующие фазы: фаза старта истартового разбега, фаза проявления максимальной скорости бега и фаза снижения скорости бега [153; 158].

В фазе старта и стартового разбега регистрируется время латентного и моторного компонентов стартового разбега. Фаза характеризуется возможностями центральных механизмов реализации движений барьеристов к максимально быстрому реагированию на внешний раздражитель (стартовый выстрел) и быстрой мобилизации ведущих функциональных систем.

Фаза проявления максимальной скорости бега характеризуется изменением времени пробегания барьерных блоков. В этой фазе включаются механизмы адаптации организма барьериста к действию двух видов раздражителей –

физических (мышечные нагрузки) и вестибулярных (наличие и преодоление препятствий).

Фаза снижения скорости бега у барьеристов характеризуется истощением энергетических субстратов в организме, необходимых для выполнения работы в максимальной и околوماксимальной зонах мощности (АТФ, КрФ, анаэробное расщепление глюкозы) на фоне действия того же комплекса раздражителей [85].

Основное внимание специалистов уделяется поиску путей повышения уровня максимальной скорости пробегания всех барьерных блоков [102]. Подобная необходимость требует приведения индивидуального стиля техники барьериста в соответствии с уровнем его функциональной, физической и психологической подготовленностью [157].

Таким образом, с позиции структурно-функциональной концепции управления сложными системами, которой является и как сам организм барьериста, так и собственно система тренировочно-соревновательной подготовки, существует весьма сложная взаимосвязь всех компонентов двигательной деятельности барьеристов. В связи с этим, ориентируя подготовку барьеристов на достижение высоких результатов, существует необходимость качественного и количественного отражения уровня органической взаимосвязи между специальной подготовленностью и функциональным состоянием ведущих систем адаптации организма к специфической спортивной деятельности.

Прогрессирующий рост специальной подготовленности и эффективной адаптации функционального состояния организма барьеристов связан с оптимальностью распределения тренировочных средств на разных этапах тренировочно-соревновательной подготовки [38].

Планирование системы тренировочно-соревновательной подготовки барьеристов осуществляется по цикловому принципу [107] (рисунок 1).

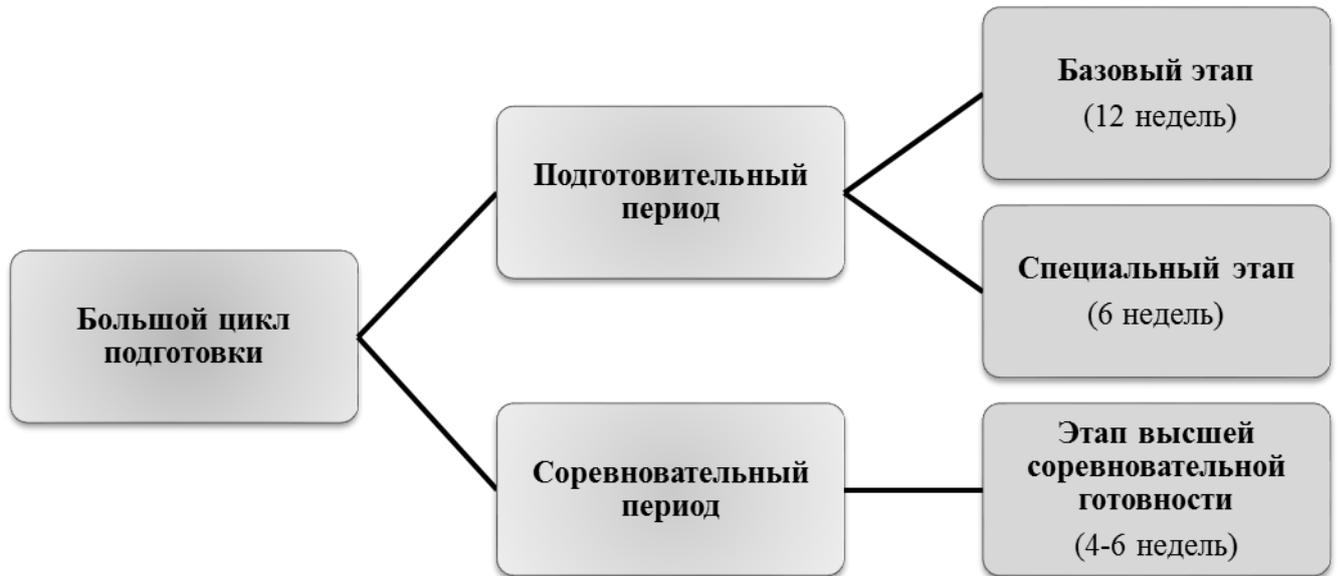


Рисунок 1 – Схема планирования системы тренировочно-соревновательной подготовки барьеристов

Представленная на рисунке 1 схема является оптимальной схемой планирования системы тренировочной и соревновательной подготовки для бегунов с барьерами, однако, она может видоизменяться в зависимости от уровня подготовленности, индивидуальных особенностей спортсмена и календарного плана соревнований [84; 119].

Применительно к конкретному этапу системы тренировочно-соревновательной подготовки, меняется структурная и содержательная части воздействующих на организм барьериста нагрузок [6].

Сообразно влиянию специфических нагрузок на организм барьеристов в современной практике сформировалась определенная последовательность решения приоритетных задач системы тренировочно-соревновательной подготовки на частных этапах [62; 108].

На базовом этапе:

1. Рост функциональных возможностей адаптивных систем организма.
2. Атлетическая подготовка.
3. Повышение скоростно-силовых качеств с акцентом на мышечную деятельность силового характера (развитие максимального или субмаксимального

напряжения при небольшой скорости движений в условиях динамического или статического режима и большого внешнего сопротивления).

На специальном этапе:

1. Развитие специальных скоростных возможностей и «барьерной» выносливости. Уровень развития специальной «барьерной» выносливости во многом определяет спортивный результат и характеризуется соотношением аэробного и анаэробного энергообеспечения двигательной деятельности, устойчивостью вестибулярной (статокинетической) системы и переносимостью двигательного аппарата к многократным повторениям «натуживания».

2. Рост функциональной и общей физической подготовленности.

На этапе высшей соревновательной готовности:

1. Развитие скоростных сократительных свойств скелетных мышц в интеграции с улучшением их координации.

2. Подведение барьеристов к кульминационным соревнованиям в состоянии оптимальной модели функционального статуса их организма.

Таким образом, можно констатировать, что определение специфических физиолого-биомеханических особенностей системы тренировочно-соревновательной подготовки играет исключительно важную роль при изучении механизмов формирования оптимальной модели функционального состояния спортсмена, специализирующегося в таком сложном, с т.з. синтеза эквивалентных по вкладу, но противоположных по механизмам адаптации системам, виде спорта, как барьерный бег.

## ГЛАВА 2 МЕТОДЫ, МЕТОДИКИ И ОРГАНИЗАЦИОННО-МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Организация и модель 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 научно-исследовательского центра спортивной науки.

Сообразно поставленной цели и сформулированным задачам, в качестве центрального метода организации нашего исследования применялся метод трендовых исследований (установление тенденций (трендов) адаптации функционального состояния организма барьеристов в различные фазы системы тренировочно-соревновательной подготовки).

В качестве основной группы выступали квалифицированные спортсмены-барьеристы в количестве 12 человек (из них – 2 мастера спорта международного класса; – 3 мастера спорта РФ; – 4 кандидата в мастера спорта и 3 атлета, имеющих первый взрослый спортивный разряд). 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.

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).

Вышеобозначенные лица принимали участие в исследовании на добровольной основе. Во всех сериях исследования участники предварительно были ознакомлены с алгоритмом проведения процедуры каждого конкретного

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

Структура исследования представлена на рисунке 2.

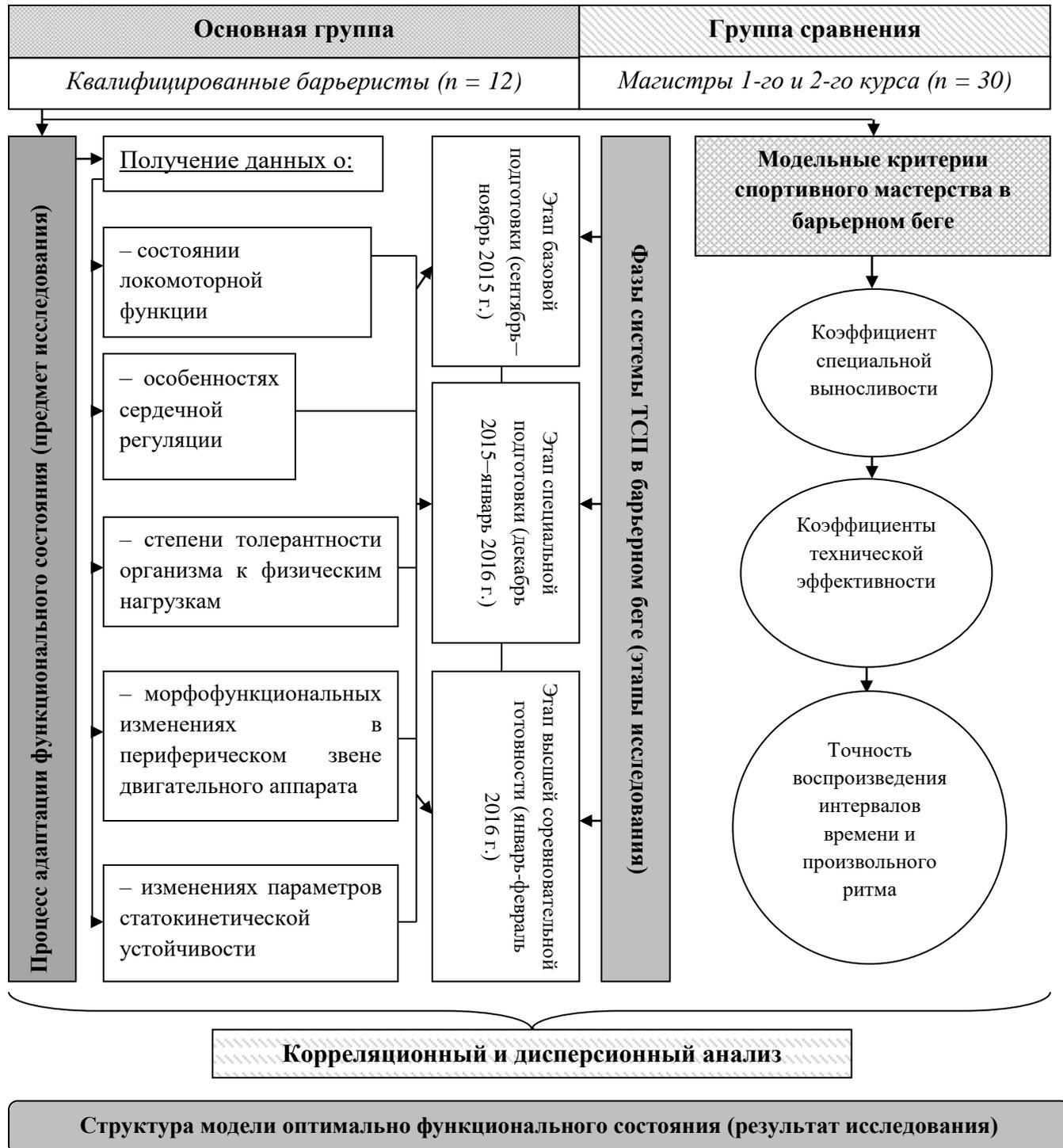


Рисунок 2 – Модель исследования

## 2.2 Методики и инструментальные методы исследования

### 2.2.1 Методика морфофункционального тестирования

Оценка морфофункциональных показателей периферического отдела двигательного аппарата включала:

➤ измерение длины тела с использованием электронного ростомера РЭП (RS–232) (Россия, рег. уд. № ФС 022а2006/3226–06 от 29.05.2006 г.);

➤ измерение массы тела и определение морфологических параметров состава тела с использованием профессиональных весов-анализаторов Tanita BC–418MA (Япония, рег. уд. № ФС 022а2006/3226–06 от 29.05.2006 г.).

Дискретность отсчета и цена поверочного деления ростомера равнялась 1 мм, погрешность измерения роста –  $\pm 2$  мм.

Для оценки морфологии построения тотальной типологии и функциональной изменчивости отдельных компонентов состава тела обследуемых спортсменов исследовались такие показатели как: ЖТ – отражает избыток/недостаток абсолютного количества жира в теле; %ЖМТ – отражает избыточность содержания жира в теле и уровень липодистрофии; БМТ – отражает динамику катаболических сдвигов; ОВО – характеризует состояния гидратации тела; ОО – отражает уровень физической работоспособности и риск развития метаболического синдрома.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали по формуле, предложенной бельгийским статистиком А. Quetelet (1869):

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{Масса (кг)}}{\text{Рост (м}^2\text{)}}$$

Биоимпедансное обследование проводилось в утренние часы (7.00–10.00) до первого приема пищи в полисегментном режиме. Результаты измерений автоматически вносились используемыми аппаратно-программными комплексами в предварительно созданную для каждого обследуемого учетную запись и выводились на принтере для последующей обработки и анализа.

## 2.2.2 Методика электрокардиографического и эргоспирометрического исследований

Электрокардиографическое и эргоспирометрическое исследования проводились на основе регистрации и анализа данных, полученных при использовании диагностической стресс-системы CARDIOVIT AT-104 PC Ergo-Spiro (Швейцария, рег. уд. № ФС 022a2006/3226-06 от 29.05.2006 г.).

Функциональные способности сердца обследуемых спортсменов оценивались при записи синхронной 12-тиканальной электрокардиограммы покоя в положениях «лежа» и «сидя». Запись ЭКГ производилась при скорости 50 мм/с в следующих униполярных отведениях: 3-х стандартных, 3-х усиленных и 6-ти грудных. Вариабельность ритма (BP) рассчитывали по формуле [109]:

$$BP = \frac{RR_{max} - RR_{min}}{RR_{сред.}} \times 100\%$$

Отклонение электрической оси определяли по системе Бейли (рисунок 3).

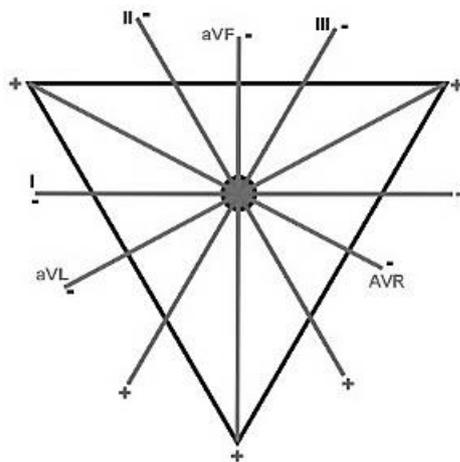


Рисунок 3 – Шестиосевая система стандартных и усиленных отведений ЭКГ (система Бейли)

Степень толерантности организма обследуемых барьеристов на каждом этапе тренировочно-соревновательного цикла оценивалась путем регистрации уровня метаболического эквивалента методом эргоспирометрии с использованием 10-ти ступенчатой непрерывной кардиопульмональной нагрузочной пробы при тредмил-тесте (по протоколу X-BRUCS). Ступени нагрузки соотносились

с периодами вработывания, устойчивого функционального состояния и периодом превышения анаэробного порога (АнП). Также регистрировалось время восстановления и исходные показатели в состоянии относительного покоя.

### **2.2.3 Методы исследования состояния локомоторной функции**

При исследовании состояния опорно-двигательной функции общепринятым является применение механических и механизированных приборов, позволяющих оценить двигательные и опорные функции в основных биомеханических параметрах (линейные параметры, углы наклона и смещения, объемные и временные характеристики) [40; 124].

При помощи оценки биокинематических характеристик позвоночного столба, пояса верхних и нижних конечностей с использованием механизированного комплекса «3D-Сканер» (Россия, рег. уд. № ФС 022а2006/3226-06 от 29.05.2006 г.) мы установили ключевые особенности функционирования позвоночных структур и пассивной части опорно-двигательного аппарата в целом, исключая лучевую нагрузку.

Обследование основной группы и группы сравнения проводилось нами последовательно по ряду костных ориентиров (верхние подвздошные ости, акромионы, лямбда, остистые отростки позвонков), которые определялись пальпаторно и фиксировались на теле кожным маркером в свободной вертикальной стойке. Трехмерные модели регистрировали в 3-х функциональных положениях:

- стоя (при максимальном действии гравитационных сил);
- сидя (для элиминации влияния функциональной длины нижних конечностей);
- лежа на животе (для исключения действия гравитационных сил).

После чего, полученные результаты были подвергнуты сравнительному анализу по трем проекциям с целью выявления асимметрии между ключевыми звеньями опорно-двигательной системы (по Л.Ф. Васильевой, 1996) [33]:

- фронтальная плоскость (проекция XZ);
- сагиттальная плоскость (проекция YZ);
- горизонтальная плоскость (проекция XY).

Следующим этапом исследования состояния опорно-двигательной функции у барьеристов выступила оценка физиологических особенностей активной части опорно-двигательного аппарата – скелетной мускулатуры.

С этой целью мы проводили этапные тестирования изменений функциональных свойств «стартовых» и «дистанционных» мышечных групп обследуемых барьеристов.

В качестве необходимого инструментария нами был выбран роботизированный мультисуставной комплекс для нейромышечного тестирования Biodex System 4 Pro (США).

Сообразно биодинамике барьерного бега для оценки функциональных изменений «стартовых» и «дистанционных» мышечных групп в системе ТСП нами были определены такие тестирующие упражнения как сгибание и разгибание тазобедренного и коленного суставов соответственно. Угловые скорости выполнения данных упражнений были подобраны нами в соответствии с действующим нормативным величинам для здорового человека: в тесте сгибание/разгибание тазобедренного сустава – 45 грд/с и 300 грд/с; в тесте сгибание/разгибание коленного сустава – 60 грд/с и 300 грд/с.

Тестирование проводилось в изокинетическом режиме, позволяющему измерять аккомодационную резистентность функциональных параметров скелетной мускулатуры по заданному диапазону движения, в день отдыха в оптимальные для мышечной деятельности часы (с 16 до 18 часов).

Нами оценивались следующие биодинамические характеристики движений обследуемых барьеристов:

- Пик вращающего момента (Пик ВРМ) – отражает уровень мышечной силы;
- Пик ВРМ/ВТ – индикатор мышечной силы в процентах по отношению к весу тела;

– МАХ Повт.СуммРаб – отражает суммарную мышечную силу в повторе с максимально выполненной работой;

–  $N_{cp}$  – отношение суммарной работы мышц к общему времени выполнения упражнения (средняя мощность);

– Отн. АГОН/АНТАГОН – выражает отношение реципрокных мышечных групп.

Результаты автоматически заносились в интеллектуальную систему анализа Biodex Advantage где впоследствии они были оформлены в виде изокарт и представлены нам для интерпретации.

#### **2.2.4 Стабилометрические методы исследования статокинетической устойчивости**

В соответствии с поставленными задачами исследования, на всех этапах подготовки спортсменов-барьеристов нами проводилась оценка комплекса стабилометрических показателей, позволяющих установить степень функциональных колебаний со стороны нейромоторной и нейровестибулярной систем.

Исследования проводились на базе стабилометрической платформы «МБН Стабило» (г. Москва, рег. уд. № ФС 29/03010403/5416-03 от 2.07.2003), которая по техническим характеристикам соответствовала всем международным стандартам [146].

Нами использовалась сенсорно-вестибулярная методика статической стабилометрии, с записью стабิโลграмм (СТ) и статокинезиограмм (СКГ) в «европейской» постановке с продолжительностью 30 с в положениях:

- основная стойка с открытыми глазами;
- поворот головы влево;
- поворот головы вправо;
- основная стойка с закрытыми глазами;
- поворот головы влево с закрытыми глазами;

– поворот головы вправо с закрытыми глазами.

В каждом положении регистрировалось 14 статодинамических параметров (среднеквадратическое отклонение общего центра давления тела (ОЦД) во фронтальной плоскости; среднеквадратическое отклонение ОЦД в сагиттальной плоскости; скорость перемещения ОЦД; уровень 60 % мощности спектра во фронтальной плоскости; уровень 60 % мощности спектра в сагиттальной плоскости; площадь СКГ 90; отношение длины эллипса к его ширине; отношение длины СКГ к её площади; уровень 60 % мощности спектра по вертикальной составляющей; показатель стабильности (ПС); индекс устойчивости (ИУ); динамический компонент равновесия (ДКР); среднее положение ОЦД во фронтальной плоскости; среднее положение ОЦД в сагиттальной плоскости) и, дополнительно, на каждом этапе системы ТСП обследуемых барьеристов мы анализировали интегральный показатель адаптации нейровестибулярной системы – коэффициент Ромберга (КР).

Обработка полученного массива данных и их представление производилось в соответствии с общепринятыми стандартами научного постурологического общества (International Society for Posture and Gait Research, 1983).

Характеристика зрения обследуемой выборки исключала патологических заболеваний. Для группы обследуемых спортсменов-барьеристов была характерна контралатеральная синхронизация в работе рук и ног (левосторонняя моторная асимметрия ног и правосторонняя моторная асимметрия рук).

### **2.2.5 Методы исследования специальной подготовленности барьеристов**

Одним из важнейших условий эффективного отбора биологических критериев адаптации физиологических функций к действию тренировочных и соревновательных факторов является оценка их взаимосвязи с модельными показателями специальной подготовленности спортсмена.

К наиболее существенным компонентам модельных характеристик у спортсменов-барьеристов относят четыре вида тестов:

1 – определяющие интегральные критерии, в которые входят основные ведущие элементы движения и которые отражают степень взаимосвязи их в ритмо-структурном построении двигательного акта;

2 – определяющие отношение скорости бега между барьерами к скорости гладкого бега;

3 – определяющие отношение скорости преодоления барьера к скорости бега между барьерами;

4 – определяющие ритмовые показатели бега.

Следуя этой логике, мы отобрали для настоящего исследования следующие тесты, используемые в прогностических целях оценки спортивной результативности в барьерном беге:

1. Коэффициент специальной выносливости ( $K_B$ ), который рассчитывали по формуле:

$$K_B = \frac{T_2}{T_1} * T_5 *$$

\*  $T_1$  и  $T_2$  – среднее время пробегания одного барьерного блока на первой и второй половинах дистанции соответственно;  $T_5$  – время «схода» с 5-го барьера.

2. Коэффициент технической эффективности ( $КТЭ_1$ ), который рассчитывали по формуле:

$$КТЭ_1 = \frac{V_6}{V_{м.б.}} *$$

\*  $V_6$  – скорость преодоления барьера;  $V_{м.б.}$  – скорость бега между барьерами.

3. Коэффициент технической эффективности ( $КТЭ_2$ ), который рассчитывали по формуле:

$$КТЭ_2 = \frac{V_{м.б.}}{V_{max}} *$$

\*  $V_{max}$  – максимальная скорость, зафиксированная в гладком беге.

4. Показатель точности воспроизведения произвольного ритма (ПТВР), который определяли следующим образом: спортсменам предлагалось постукивать маховой ногой по специализированной платформе с датчиками (записывающее устройство, на котором с помощью воздушной передачи (капсула Маррея)

и обычного микрофона передается сигнал об усилении и ослаблении давления на поверхность платформы) в привычном для него ритме. Мы фиксировали количество постукиваний за 1 минуту и рассчитывали среднюю частоту ритмической группировки постукивания на записи.

### 2.2.6 Методы первичного статистического анализа данных

Для оценочной характеристики данных, которые были получены в нашем исследовании, применены методы статистической обработки цифрового материала по Stanton A. Glantz (1999) [39] на платформе MS Excel 2013 и программного пакета SPSS Statistics 19.

Статистические данные настоящего исследования представлены как количественные (числовые непрерывные) переменные.

Статистической гипотезой первичного анализа данных исследования являлось установление и описание особенностей физиологических функций организма спортсменов-барьеристов при адаптации к тренировочным, внутренировочным и соревновательным факторам. Достаточная точность оценки установленных особенностей в группе спортсменов-барьеристов обеспечивалась подобранными методами дескриптивной статистики и относительной однородностью генеральной выборки.

Тип распределений признаков вычислялся по W-критерию Шапиро-Уилка. При нормальном типе распределений (распределение Гаусса) применялся параметрический принцип статистической обработки – t-критерий (парный – при сравнении признаков внутри генеральной выборки; одновыборочный – при сравнении парных признаков между генеральной и контрольной выборками). В остальных случаях использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Достоверность различий определялась по таблице вероятностей  $p(t) > (t_1)$ , по распределению Стьюдента. Критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05 (что соответствует вероятности безошибочного прогноза равной или более 95 %).

Средние значения при нормальном распределении представлены в тексте как « $M \pm S$ », где  $M$  – среднее, а  $S$  – стандартное отклонение. В остальных случаях средние значения представлены как « $M \pm m$ », где  $M$  – среднее, а  $m$  – стандартная ошибка средней.

С целью исследования зависимостей между переменными, отражающими функциональное состояние организма барьеристов, и переменными, отражающими модельные характеристики спортивной результативности в барьерном беге, применялся корреляционный анализ по Пирсону (при нормальном распределении) и Спирмену (при ненормальном распределении) с вычислением ошибки репрезентативности и критерия достоверности. Оценка значения коэффициента корреляции ( $r$ ), рассчитывалась с использованием выборочных характеристик отклика и фактора:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n - 1) \overline{s_X} \overline{s_Y}}$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние выборочные значения фактора и отклика;  $\overline{s_X}$  и  $\overline{s_Y}$  – выборочные стандартные отклонения отклика и фактора;  $n$  – число наблюдений.

Характеристика полученных коэффициентов корреляции осуществлялась по силе связи (сильная – от +1 до -1; средняя – от +0,699 до -0,699; слабая – от +0,299 до -0,299) и по ее направлению (прямая – от +1 до 0; обратная – от -1 до 0). Достоверность оценивалась по таблице стандартных коэффициентов корреляции (приложение А). При этом достоверным считался такой коэффициент корреляции, когда при определенном числе степеней свободы ( $n-2$ ), он равен или более табличного, соответствующего степени безошибочного прогноза  $p > 95\%$ .

### 2.2.7 Методы вторичного статистического анализа данных

Для математического описания модельных характеристик функционального состояния организма спортсмена-барьериста была выбрана методика однофакторного дисперсионного анализа (One-Way ANOVA).

Расчеты производились на платформе программы для статистического анализа данных R (версия 3.5.0).

В качестве бинарной переменной принимали совокупность тренировочных и соревновательных факторов каждого этапа подготовки спортсменов-барьеристов. Эта совокупность являлась фактором – «этап подготовки», соответственно группы определили как: 0 – базовый, 1 – специальный, 2 – соревновательный.

Нулевую гипотезу ( $H_0$ ) сформулировали следующим образом: модель «этап подготовки» не влияет на функциональные показатели адаптации спортсменов-барьеристов к специфической мышечной деятельности. При опровержении гипотезы станет возможным выделить физиологические индикаторы (критериальные параметры) готовности организма спортсмена-барьериста к эффективной реализации двигательного потенциала.

Для подтверждения установленных индикативных показателей применяли тест на множественные сравнения (Least Significant Difference) с вычислением среднего значения, стандартного отклонения (std), объема выборки (n), левого (LCL) и правого (UCL) доверительного интервала, минимального (Min), максимального (Max) и квантилей (Q25, Q50, Q75).

Чтобы проанализировать различие между уровнями полученной модели применяли один из апостериорных тестов – тест Тьюки (разница между группами принималась значимой, если  $p\text{-value} < 0.05$ ). Тест Тьюки (критерий подлинной значимости), также называемый Тьюки HSD, контролирует частоту ложноположительных результатов с поправкой на эффект множественных сравнений [184]. Это означает, что если мы производили проверку на уровне  $p\text{-value} < 0.05$ , то при выполнении всех парных сравнений вероятность получения одного или нескольких ложноположительных результатов (ошибочный прогноз) составила всего 0,05.

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

#### 3.1 Морфофункциональное состояние периферического отдела двигательного аппарата обследуемых барьеристов

Согласно представлениям исследователей в области спортивной науки [23; 42; 59; 77; 122; 175; 180; 182] оценка изменений различных функционально-морфологических параметров тела (тотальных размеров, показателей жировой и безжировой массы, степени гидратации организма и т.д.) рассматривается как один из определяющих спортивную результативность факторов.

В таблице 1 представлены результаты среднегрупповой динамики интегральных оценок морфофункционального состояния периферического звена двигательного аппарата на основных этапах системы тренировочно-соревновательной подготовки у квалифицированных спортсменов, специализирующихся в барьерном беге.

Таблица 1 – Динамика морфофункциональных изменений в периферическом звене двигательного аппарата спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm S$ )

Показатели		Базовый	Специальный	Соревновательный
Этап				
Длина тела, см	Барьеристы	183,59±1,19*		
	Группа сравнения	176,64±3,23		
Масса, кг	Барьеристы	76,08±0,91**	79,77±1,06*^	79,06±0,3*
	Группа сравнения	80,52±1,32	82,19±0,12	82,23±1,37
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	Барьеристы	22,57±0,35**	23,6±0,19**^	23,46±0,24*
	Группа сравнения	25,8±0,8	25,7±0,72	26,03±1,02

Окончание таблицы 1

Показатели		Базовый	Специальный	Соревновательный
Этап				
ОВТ, л	Барьеристы	45,04±1,13*	41,82±0,81*^	39,44±0,54*^
	Группа сравнения	41,96±0,62	39,32±0,94	42,74±1,08
ОО, ккал	Барьеристы	2064,38±26,73***	2197,08±49,79***^	1999,12±67,21***^
	Группа сравнения	1454,1±93,39	1419,18±108,14	1502,16±124,56
ЖМТ, %	Барьеристы	9,15±0,24**	7,93±0,26***^	7,16±0,1***^
	Группа сравнения	14,07±1,72	14,67±1,76	14,12±1,82
БМТ, кг	Барьеристы	69,13±0,92***	74,26±1,85***^^	76,01±0,23***^
	Группа сравнения	56,72±1,32	56,01±2,81	56,52±1,92

*Примечание:* \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  – 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

Из анализа таблицы 1, мы видим, что существуют достоверно значимые отличия между показателями морфофункциональных параметров тела обследуемых барьеристов и мужчинами того же возраста, составивших группу сравнения.

Длина тела у барьеристов достоверно превосходит тот же показатель в группе сравнения ( $p < 0,05$ ), что характеризует бегунов с барьерами как высокорослых спортсменов.

Индекс массы тела, являющийся интегративным маркером физического развития организма (А. Quetelet, 1869; А. Keys et al., 1972), у обследуемых барьеристов находился в диапазоне нормальных значений, увеличиваясь к специальному этапу подготовки ( $p < 0,05$ ) и статистически не значимо снижаясь

в период соревновательной деятельности (на 0,9 %). Схожая динамика отмечалась в показателе массы тела, что объясняет подобные изменения индекса массы тела у бегунов с барьерами. Следует отметить, что в группе сравнения индекс массы тела статистически значимо превосходил этот же показатель в группе барьеристов ( $p < 0,05 - 0,01$ ) и на протяжении всего исследования имел пограничные значения с избыточной массой тела ( $ИМТ > 25 \text{ кг/м}^2$ ), что характеризует данную выборку мужчин склонной к ожирению.

Степень общей гидратации организма исследуемой выборки барьеристов, в отличие от группы сравнения, на базовом этапе системы тренировочно-соревновательной подготовки превышала среднестатистические значения этого показателя в общероссийской популяции мужчин этого возраста ( $p < 0,05$ ), но находилась в диапазоне референсных значений.

На фоне увеличения скорости метаболических процессов (углеводного, липидного и белкового обменов, гидролиза АТФ и др.), связанных с повышением интенсивности тренировочных воздействий от этапа к этапу, значительно снижалась степень общей гидратации организма обследуемых барьеристов ( $p < 0,05$ ). Уже на специальном этапе показатель общей гидратации организма барьеристов снизился на 7 %, а к соревновательному этапу – на 12 % по отношению к этапу базовой подготовки, что свидетельствует о развитии рабочей дегидратации у спортсменов, специализирующихся в беге с барьерами.

J.H. Wilmore, D.L. Costill (2001) выявлено, что при увеличении степени дегидратации организма спортсменов снижается способность выполнять нагрузку аэробной направленности [182]. Однако в исследованиях Н.И. Волкова и др. (2000) выявлено, что развитию рабочей дегидратации организма не оказывает влияния на результативность в скоростно-силовых видах спорта [25], к которым относится в т.ч. и барьерный бег.

Величина основного обмена 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 гипертрофией рабочих органов (сердца, печени, почек, скелетных мышц и др.).

При адаптации к специфической мышечной деятельности величина основного обмена изменялась, статистически значимо 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 кульминационным соревнованиям.

Выраженные различия между сравниваемыми группами наблюдались в показателях жировой и безжировой масс тела ( $p < 0,05–0,001$ ).

Процент жировой массы тела в группе сравнения соответствовал физиологической норме и, независимо от этапа исследования, был статистически значимо выше, чем у обследуемых барьеристов ( $p < 0,01–0,001$ ), в среднем на 56,5 %. Важно отметить, что нормальные значения жировой массы тела на фоне повышенных значений индекса массы тела в группе сравнения свидетельствуют о повышенном уровне абсолютного содержания тощей массы (И.Г. Бобринская, 2009).

Показатели жировой массы тела у обследуемых барьеристов статистически значимо снижались ( $p < 0,05–0,01$ ): от базового этапа подготовки к специальному на 13 %, от специального этапа подготовки к соревновательному на 8 %.

Скорость снижения жировой массы тела у барьеристов была статистически значимо выше на специальном этапе подготовки, в течение которого тренировочные воздействия были ориентированы на развитие специальной скоростно-силовой выносливости. Выполнение подобной специфической мышечной нагрузки на критической и надкритической скорости в условиях привычного энергопотребления привели к отрицательному энергетическому балансу, что объясняет вызванное уменьшение жира в теле (J.H. Wilmore, J.P. Després, P.R. Stanforth et al, 1999).

Следует отметить, что снижение процентного содержания жировой массы тела в организме до 7–9 % к этапу ответственных соревнований свидетельствует об оптимальной тактике построения системы тренировочно-соревновательной подготовки спортсменов (Э.Г. Мартиросов с соавт., 2006).

При сравнении среднеарифметических значений показателей безжировой массы тела в группе обследуемых барьеристов с показателями группы сравнения на базовом, специальном и соревновательном этапах подготовки выявлено увеличение на 21 % (при  $p < 0,001$ ), 24 % (при  $p < 0,001$ ) и 34 % (при  $p < 0,001$ ) соответственно.

Специфические особенности обменных процессов в организме спортсменов-барьеристов в динамике тренировочного процесса направлены на энергетическое и структурно-функциональное обеспечение мышечной деятельности (активация липолиза и анаболизма в мышечной ткани). Нами зафиксирована тенденция к увеличению безжировой массы тела у спортсменов-барьеристов на специальном этапе подготовки (на 7 %, при  $p < 0,001$ ) и на соревновательном этапе по отношению к базовому (на 9 %, при  $p < 0,05$ ).

Выявленная тенденция изменений процентного содержания жировой массы тела и безжировой массы тела у спортсменов, специализирующихся в барьерном беге, свидетельствует об оптимальном уровне структурно-регуляторного обеспечения и адаптации системы энергообеспечения организма, участвующей в реализации специфических двигательных действий барьеристов на различных этапах системы тренировочно-соревновательной подготовки.

По данным ряда авторов [3; 17; 23; 175] интегральные исследования морфофункциональных параметров тела атлетов целесообразно проводить совместно с биоимпедансными исследованиями сегментов тела на каждом этапе внутри тренировочно-соревновательного цикла.

В таблице 2 представлены данные о среднегрупповых изменениях показателей биоимпедансных оценок сегментов тела у квалифицированных спортсменов-барьеристов в системе тренировочно-соревновательной подготовки.

Таблица 2 – Динамика региональных изменений морфофункциональных параметров тела у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm S$ )

Показатели / Этап	Базовый	Специальный	Соревновательный
<b>Правая нога</b>			
ЖТ, %	10,75±0,24	9,53±0,45* <sup>^</sup>	7,16±0,09**
БЖМ, кг	11,87±0,28	12,59±0,14*	13,09±0,53*
<b>Левая нога</b>			
ЖТ, %	9,96±0,6	8,24±0,49*	7,08±0,36***
БЖМ, кг	12,43±0,35	13,16±0,03*	13,15±0,01*
<b>Правая рука</b>			
ЖТ, %	9,23±0,4	7,7±0,58*	6,45±0,85**
БЖМ, кг	4,66±0,09	4,99±0,1*	5,04±0,11*
<b>Левая рука</b>			
ЖТ, %	9,33±0,55	7,76±0,45*	6,21±0,46**
БЖМ, кг	4,63±0,06	4,91±0,1*	5,13±0,27*
<b>Туловище</b>			
ЖТ, %	8,23±0,44	7,23±0,21*	6,79±0,37*
БЖМ, кг	39,43±1,02	41,05±1,78	43,1±0,98*
<p><i>Примечание:</i> ЖТ – жировая ткань; БЖМ – безжировая масса; * – <math>p &lt; 0,05</math>, ** – <math>p &lt; 0,01</math>, *** – <math>p &lt; 0,001</math> – уровень значимости отличий между этапами подготовки внутри группы спортсменов-барьеристов; <sup>^</sup> – <math>p &lt; 0,05</math>, <sup>^^</sup> – <math>p &lt; 0,01</math> – уровень значимости отличий между сегментами тела</p>			

Ориентируясь на анализ показателей таблицы 2, можно выявить, что на этапе специальной подготовки у барьеристов наблюдается достоверное снижение процентного содержания жировой ткани во всех региональных отведениях ( $p < 0,05$ ). Данная тенденция сохранялась и к соревновательному этапу, достоверно снижаясь в руках и ногах (в среднем на 31 %, при  $p < 0,01-0,001$ ), а в туловище на 17 % ( $p < 0,05$ ).

Безжировая масса в различных сегментах тела у спортсменов-барьеристов увеличилась ( $p < 0,05$ ): на специальном этапе подготовки в руках на 5 %, в ногах

на 7 %, в туловище на 4 %; на соревновательном этапе подготовки – в руках на 9 %, в ногах на 7 %, в туловище на 9 % по отношению к этапу базовой подготовки.

Наблюдалась профильная асимметрия в показателях процентного содержания жировой ткани в ногах у спортсменов-барьеристов на этапе специальной 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 тренировочных воздействий при отработке маховых и толчковых движений нижних конечностей у бегунов с барьерами на этапе специальной подготовки.

Нами выявлено постепенное снижение показателя жировой массы и увеличение безжировой массы во всех исследованных сегментах тела у барьеристов в динамике тренировочно-соревновательной подготовки, с выравниванием среднегрупповых различий данных параметров между правыми и левыми конечностями к соревновательному этапу. Планомерное сближение таких морфологических показателей как жировая и безжировая масса в периферических отведениях двигательного аппарата у спортсменов свидетельствует об адекватности, используемых в процессе подготовки, тренировочных воздействиях функциональным возможностям и долговременной адаптации фосфатной, кислородной и лактатной энергосистем организма (А.П. Исаев, Э.Э. Маматов, А.В. Ненашева с соавт., 2013).

Таким образом, можно констатировать, что для квалифицированных спортсменов-барьеристов характерны дифференцированные, в зависимости от этапа тренировочно-соревновательной подготовки, изменения морфофункциональных параметров тела:

– постепенное снижение процентного содержания жировой массы во всех региональных отведениях периферического отдела двигательного аппарата на фоне статистически-значимого повышения безжировой массы тела от этапа базовой подготовки к соревновательному этапу ( $p < 0,05-0,001$ );

– увеличение степени общей дегидратации организма в динамике исследуемых периодов тренировочного процесса ( $p < 0,05$ );

– гетерохронизм изменений величины основного обмена, заключающийся в повышении показателей от базового к специальному этапу подготовки и их снижению в соревновательный период по отношению к этапу специальной подготовки ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 Оценка функциональных особенностей сердечной регуляции у обследуемых барьеристов

Специфика воздействующих форм физической нагрузки на основных этапах тренировочно-соревновательной подготовки, различия тотальных размеров тела и состояние гомеостаза различных систем организма формируют множество вариантов согласованности либо рассогласованности в сердечной регуляции функционального состояния организма спортсмена [44; 89; 91; 92; 164 и др.].

Основным физиологическим инструментом для детальной оценки степени оптимальности сердечной регуляции у спортсменов, в настоящее время, является метод записи электрокардиограммы [13; 20; 36].

Результаты исследования особенностей функционального состояния организма квалифицированных барьеристов на основных этапах системы тренировочно-соревновательной подготовки по показателям электрокардиограммы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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±1,62*	58,38±1,46*^	76,06±2,06**^^^
	Группа сравнения	70,1±2,06	66,37±2,71	68,35±1,1

Окончание таблицы 3

Показатели		Этап		
		Базовый	Специальный	Соревновательный
<b>Интервалы</b>				
<b>RR, мс</b>	Барьеристы	950,3±17,58*	1030,46±13,2**^	781,07±15,07*^^
	Группа сравнения	852,44±36,51	867,18±51,76	863,1±36,85
<b>P, мс</b>	Барьеристы	112,46±2,44**	82,02±1,35**^^	108,07±2,68*^^
	Группа сравнения	96,1±4,07	93,84±3,98	93,31±5,13
<b>PQ, мс</b>	Барьеристы	116,13±3,01**	152,39±0,39*^^	164,12±2,22**^^
	Группа сравнения	144,04±7,62	148,2±2,01	148,41±4,73
<b>QRS, мс</b>	Барьеристы	110,11±2,91***	102,34±2,38**^	100,15±3,3**^
	Группа сравнения	84,25±5,34	84,17±6,06	86,58±5,57
<b>QT, мс</b>	Барьеристы	396,2±6,43**	408,27±2,78***^	358,41±3,89*^
	Группа сравнения	374,24±4,94	371,74±6,26	372,06±4,04
<b>QTC, мс</b>	Барьеристы	406,07±7,07	402,05±6,3	405,09±2,76
	Группа сравнения	405,42±2,08	407,32±5,46	408,61±4,27
<b>Оси</b>				
<b>P, °</b>	Барьеристы	90,18±6,01***	90,3±4,09***	61,3±5,1^^
	Группа сравнения	59,3±3,42	60,14±6,47	57,83±7,25
<b>QRS, °</b>	Барьеристы	107,01±7,18	80,18±8,9^	86,17±3,67
	Группа сравнения	90,27±6,2	89,52±3,81	89,03±8,09
<b>T, °</b>	Барьеристы	64,03±5,29***	50,14±5,81**	51,08±6,43**
	Группа сравнения	24,2±6,1	28,01±4,65	26,96±5,09
<p><i>Примечание:</i> * – p&lt;0,05, ** – p&lt;0,01, *** – p&lt;0,001 – уровень значимости отличий между группой барьеристов и группой сравнения; ^ – p&lt;0,05, ^^ – p&lt;0,01, ^^ – p&lt;0,001 – уровень значимости отличий между этапами подготовки внутри группы спортсменов-барьеристов</p>				

Анализируя полученные данные, можно выявить ряд особенностей в показателях сердечной регуляции, характерных для спортивной деятельности в барьерном беге.

У квалифицированных спортсменов-барьеристов в отличие от мужчин того же возраста отмечается статистически значимое преобладание полувертикальной электрической позиции сердца ( $p < 0,05$ ), что, вероятно, обусловлено взаимосвязью между электрической позицией сердца и выявленными ранее конституциональными особенностями обследуемых спортсменов (высокий рост и длинная грудная клетка) [175].

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 (на 31 %, при  $p < 0,001$ ), вариабельность ритма у обследуемых барьеристов не превышала 20 %. С учетом средних значений ЧСС в одну минуту на соответствующих этапах подготовки мы можем говорить об отсутствии негативного влияния специфических мышечных нагрузок в барьерном беге на нарушение сердечного ритма.

На этапе специальной подготовки в исследуемой группе спортсменов-барьеристов наблюдалась брадикардия синусового характера ( $p < 0,05$ ). Уменьшение частоты сокращений сердца у спортсменов в период тренировок, направленных на повышение аэробной производительности организма (в нашем случае – развитие скоростно-силовой выносливости) является физиологической реакцией организма, препятствующей «изнашиванию» стенок миокарда (А.Г. Дембо, 1989).

Достоверное урежение ЧСС ( $p < 0,05$ – $p < 0,01$ ) в основной группе по отношению к группе сравнения объясняется экономизацией сердечной деятельности вследствие повышения функциональных способностей миокарда под действием спортивных нагрузок в барьерном беге.

В динамике исследуемых периодов длительность зубца Р, являющегося, по сути, алгебраической суммой потенциалов действия, возникающих в предсердиях, у спортсменов-барьеристов была статистически значимо выше,

чем в группе сравнения ( $p < 0,05-0,01$ ), но не превышала физиологических значений.

Длительность предсердно-желудочковой проводимости (интервал PQ) на базовом этапе подготовки у спортсменов-барьеристов была статистически значимо ниже, чем в группе сравнения ( $p < 0,01$ ), у атлетов отмечалось функциональное укорочение интервала PQ ( $PQ < 120$  мс), что свидетельствует о повышении симпатического тонуса. Однако в специальной и соревновательной фазе тренировочного цикла спортсменов-барьеристов длительность интервала PQ тенденциозно повышалась, и, в период соревнований, была статистически значимо выше показателей базового этапа подготовки (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 барьеристов к ответственным состязаниям не оказывает патологического влияния на тонус блуждающего нерва.

Наблюдалось статистически значимое снижение длительности комплекса QRS у спортсменов-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, направленных на развитие специальных скоростных возможностей барьеристов и скоростно-силовой выносливости, стенок миокарда.

При регистрации изоэлектрического интервала ST на этапе специальной спортивной подготовки бегунов с барьерами 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 желудочков (интервал QT) с должными (приложение Б) на всех этапах системы тренировочно-соревновательной подготовки спортсменов-барьеристов показал отсутствие значимой разницы, что свидетельствует о формировании

устойчивой адаптации атриовентрикулярной части проводящей системы сердца к специфическим мышечным нагрузкам тренировочной среды в барьерном беге [175].

Комплекс полученных на ключевых этапах тренировочно-соревновательной подготовки электрофизиологических данных о функциональных способностях сердца спортсменов, специализирующихся в барьерном беге, позволяет выделить основные положения, которые отражают особенности физиологической адаптации организма барьеристов к специфическим нагрузкам и рекомендовать использование электрокардиограммы как инструмента медико-биологического мониторинга за функциональным состоянием организма.

### **3.3 Степень устойчивости организма обследуемых барьеристов к физической нагрузке**

Устойчивость организма к физической нагрузке отражает степень функциональной подготовленности спортсмена и его способность переносить специфическую мышечную деятельность [20].

В настоящее время в оценке степени устойчивости организма к физической нагрузке принято использовать методику расчета метаболического эквивалента, как интегрального показателя, отражающего процессы усвоения клетками кислорода при легочной вентиляции, его транспортировку системой кровообращения и выработку энергии в реакциях окисления в скелетной мускулатуре [4; 7].

Степень устойчивости организма обследуемых спортсменов-барьеристов на каждом этапе тренировочно-соревновательного цикла нами оценивалась путем регистрации уровня метаболического эквивалента с использованием 10-ти ступенчатой непрерывной кардиопульмональной нагрузочной пробы.

Графически изменения среднегрупповых показателей активности метаболических процессов у спортсменов-барьеристов при нагрузке повышающейся мощности представлены на рисунке 4.

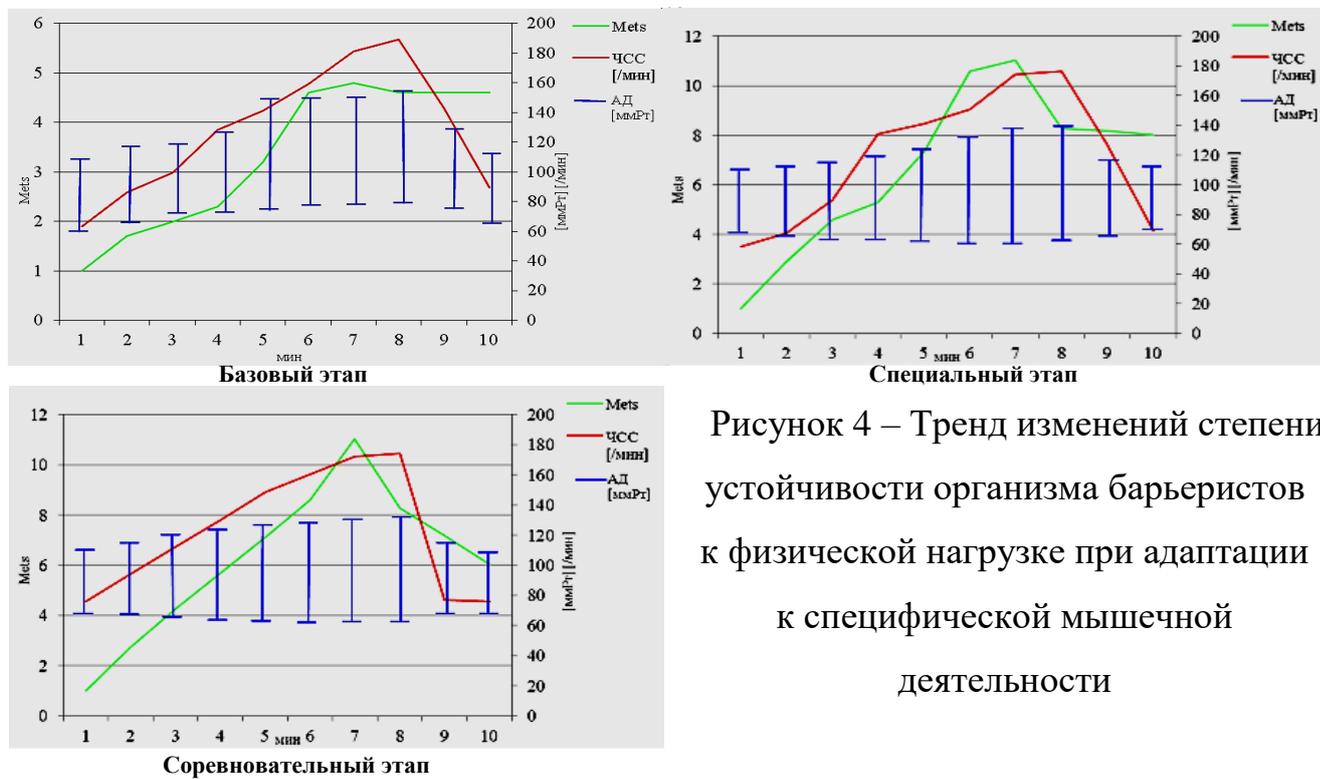


Рисунок 4 – Тренд изменений степени устойчивости организма барьеристов к физической нагрузке при адаптации к специфической мышечной деятельности

На этапе базовой подготовки отмечался высокий тонус сосудов у обследуемых спортсменов при выполнении физической нагрузки. Средние величины ЧСС в группе спортсменов-барьеристов в момент максимальной нагрузки находились в пределах 181–189 уд/мин, что выше исходных показателей ЧСС ( $p < 0,001$ ).

Базовый этап системы тренировочно-соревновательной подготовки характеризовался также статистически значимым повышением значений систолического и диастолического артериального давления у обследуемых спортсменов в период выполнения нагрузочного теста на тредбане. Средние значения САД и ДАД составили  $117,01 \pm 7,85$  ммРт и  $64,49 \pm 4,28$  ммРт на 1-ой ступени;  $148,09 \pm 10,75$  ммРт и  $71,62 \pm 5,17$  ммРт на 2-ой ступени и  $148,37 \pm 9,05$  ммРт и  $74,16 \pm 5,21$  ммРт на 3-ей ступени нагрузки соответственно.

Восстановление описанных выше параметров проходило неравномерно, выявлено статистически значимое повышение ЧСС в среднем на 7 уд/мин в первую минуту после прекращения педалирования, САД на  $6,19 \pm 0,31$  ммРт и ДАД на  $1,62 \pm 0,04$  ммРт ( $p < 0,05$ ).

Максимальные значения метаболического эквивалента составляли в среднем  $4,81 \pm 0,23$  METs, что свидетельствовало о средней степени

устойчивости организма обследуемых 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 (региональное перераспределение, работа сердца, депонирование крови, скорость кровотока и т.д.) у обследуемых спортсменов-барьеристов ввиду ремоделирования адаптационных механизмов организма под специфику воздействующих мышечных нагрузок, объем которых на данном этапе подготовки у барьеристов составляет в среднем 50 % от общего объема средств физической подготовки.

На этапе специальной подготовки, в ответ на повышение объема средств, развивающих специальную выносливость, наблюдалась разнонаправленная динамика изменения систолического и диастолического артериального давления по сравнению с базовым этапом. САД по-прежнему увеличивалось в период вработывания в среднем на 6 %, – устойчивого состояния на 6 % – превышения АНП на 3 %. Среднегрупповые показатели ДАД, напротив, имели тенденцию к снижению в среднем на  $5,14 \pm 0,11$  ммРт к 10-ей 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 статистически значимо увеличились в среднем на 7 уд/мин, САД на  $1,96 \pm 0,13$  ммРт, ДАД достоверно на  $0,68 \pm 0,08$  ммРт. Достижение исходных значений фиксируемых параметров у обследуемых барьеристов наблюдалось в среднем на 2-ой минуте после завершения нагрузочного тестирования.

Мы полагаем, что данный тип реакции организма спортсменов-барьеристов можно расценивать как физиологически-адекватный, т.к. он обуславливается адаптационно-приспособительным механизмом обеспечения скелетной мускулатуры кислородом при физической работе до отказа за счет уменьшения общего периферического сопротивления сосудистого русла (Р.Р. Набиуллин, Р.А. Абзалов с соавт, 2008).

Параметры метаболического эквивалента векторно имели схожую с базовым этапом подготовки динамику. Однако, максимальные значения данного показателя статистически значимо увеличились на  $6,23 \pm 0,37$  METs ( $p < 0,05$ ).

Степень устойчивости организма спортсменов-барьеристов на специальном этапе подготовки оценивалась нами как высокая.

В период соревнований отмечалось статистически значимое учащение сердцебиения в состоянии покоя в среднем на 17 уд/мин по сравнению со специальным этапом ( $p < 0,05$ ), когда нами фиксировалась брадикардия синусового характера. Несмотря на это нами выявлены статистически значимо сниженные по сравнению с предыдущими фазами тренировочно-соревновательной подготовки средние величины наступления АНП ( $p < 0,05$ ), о чем свидетельствовало уплощение подъема ЧСС: период вработывания – 36 уд/мин, период устойчивого состояния – 30 уд/мин, период превышения АНП – 24 уд/мин; восстановление к исходным величинам фиксировалось в среднем по группе к концу первой минуты отдыха.

По величине специфической мышечной деятельности в данный период системы тренировочно-соревновательной подготовки у бегунов с барьерами преобладают нагрузки поддерживающего характера, что объясняет выявленные нами тенденции к относительно стабильной и менее вариативной динамике показателей артериального давления, нежели в предыдущих фазах подготовки. Значения САД при нагрузочном тестировании находились в диапазоне  $116,54 \pm 8,28$ – $133,29 \pm 9,57$  ммРт, ДАД – в диапазоне  $73,11 \pm 5,14$ – $69,24 \pm 2,75$  ммРт.

При анализе динамики показателей метаболического эквивалента обследуемых барьеристов в период соревновательной подготовки мы зафиксировали среднегрупповое значение при превышении АНП на уровне  $11,04 \pm 0,51$  METs ( $p < 0,01$ ).

Сопоставляя между собой основные этапы тренировочно-соревновательной подготовки по устойчивости к физической нагрузке, мы установили, что активность метаболических процессов у барьеристов зависит от объема

специфической мышечной работы в зоне анаэробно-алактатного энергообеспечения.

Таким образом, нами выявлена четкая зависимость степени устойчивости организма спортсменов в условиях физической нагрузки повышающейся мощности от характера структурно-содержательной части основных этапов системы тренировочно-соревновательной подготовки в барьерном беге.

### **3.4 Биокинематическая характеристика функционального состояния позвоночного столба, пояса верхних и нижних конечностей обследуемых барьеристов**

Из разнообразия нозологических групп профессиональных заболеваний и патофизиологических состояний среди спортсменов скоростно-силовых видов легкой атлетики, на первый план выдвигаются воспалительные и дегенеративные заболевания опорно-двигательного аппарата, которые у представителей «королевы спорта» встречаются чаще на 31,1 % в сравнении с представителями других спортивных специализаций [161]

В контексте данного исследования мы оценивали степень функциональных изменений нормальной статики опорно-двигательного аппарата в общем аспекте сравнительного анализа и, в частности, в динамике системы тренировочно-соревновательной подготовки, выявляя тенденции в изменениях пространственных характеристик позвоночного столба, плечевого и тазового поясов в группе бегунов с барьерами.

Сравнительный анализ трехмерных моделей пространственного взаимоотношения ключевых сегментов опорно-двигательного аппарата в обследуемых группах (рисунок 4) позволил нам выявить ряд функциональных особенностей, характерных для длительной двигательной специализации в барьерном беге:

– одностороннее укорочение верхней трапециевидной мышцы (*m. trapezius*) ( $p < 0,05$ );

- расслабление широчайшей мышцы спины (*m. latissimus dorsi*) с одной стороны на фоне ее напряжения с другой ( $p < 0,05$ );
- одностороннее укорочение внутренней и наружной косых мышцы живота (*m. obliquus abdominis internus & m. abdominis eksternus*) ( $p < 0,01$ );
- одностороннее укорочение мышцы, поднимающей лопатку (*m. levator scapulae*), и квадратной мышцы поясницы (*m. quadratus lumborum*) ( $p < 0,001$ ).

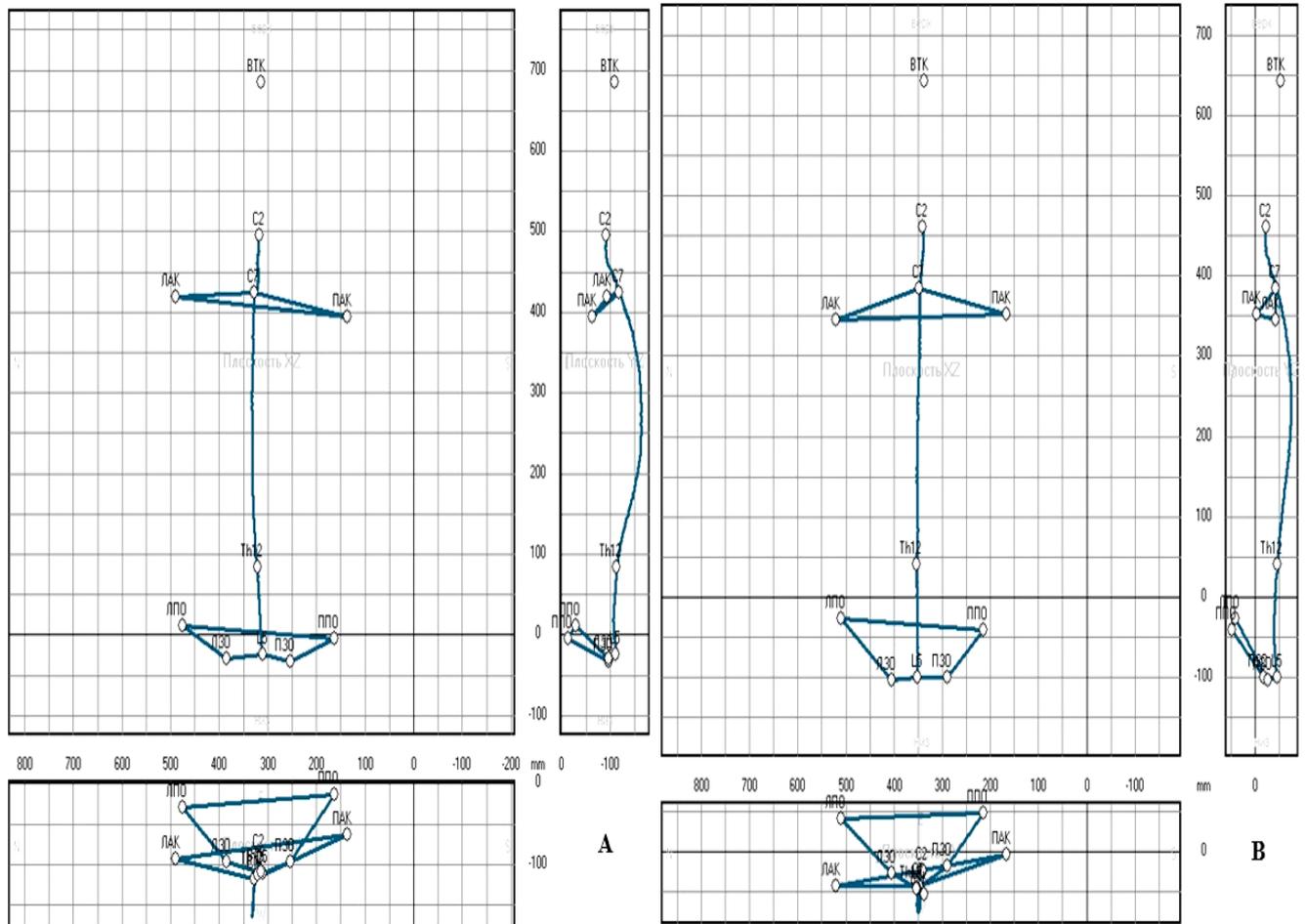


Рисунок 5 – Трехмерная модель пространственного взаимоотношения ключевых сегментов опорно-двигательного аппарата, характерная для: А – спортсмена-барьериста; В – мужчины, не занимающегося спортом

При исследовании влияния специфических тренировочных и соревновательных факторов на биокинематические показатели позвоночного столба, плечевых и тазовых костей обследуемой выборки спортсменов нами были получены следующие результаты, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Функциональные колебания кинематических характеристик позвоночного столба, пояса верхних и нижних конечностей у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm S$ )

Показатели, плоскости	Этап	Базовый	Специальный	Соревновательный
Длина хорды дуги C <sub>1</sub> –C <sub>7</sub> , мм	XZ	74,25±5,13	73,44±4,06	71,32±4,65
	YZ	73,18±5,67	72,37±5,46	75,05±5,18
Длина хорды дуги C <sub>7</sub> –Th <sub>12</sub> , мм	XZ	340,24±28,9	342,28±23,76	341,44±25,81
	YZ	341,89±22,41	343,35±24,49	341,22±25,14
Длина хорды дуги Th <sub>12</sub> –L <sub>5</sub> , мм	XZ	104,39±7,94	105,26±5,27	107,02±7,92
	YZ	105,04±4,99	105,15±6,08	106,07±8,36
Прогиб C <sub>1</sub> –C <sub>7</sub> , мм	XZ	2,14±0,03	2,17±0,1	2,31±0,12
	YZ	48,35±3,64	46,42±4,65	48,23±2,63
Прогиб Th <sub>12</sub> –L <sub>5</sub> , мм	XZ	1,12±0,09	1,02±0,07	1,12±0,06
	YZ	5,46±0,84	5,47±0,56	5,33±0,46
Прогиб C <sub>7</sub> –Th <sub>12</sub> , мм	XZ	9,31±0,27	10,36±0,77	9,47±0,61
	YZ	6,37±0,48	6,31±0,36	6,36±0,82
Угол надплечья–таз, гр	XZ	-1,07±0,1	-1,06±0,13	-1,23±0,17
	YZ	-	-	-
Угол наклона грудного отдела, гр	XZ	1,23±0,01	1,27±0,09	1,01±0,03 <sup>^</sup>
	YZ	0,61±0,03	0,6±0,08	0,4±0,07 <sup>^</sup>
Угол наклона надплечий, гр	XZ	-3,04±0,05	-3,14±0,01	-3,06±0,17
	YZ	-	-	-
Угол наклона поясничного отдела, гр	XZ	6,18±0,19	6,4±0,39	5,27±0,34 <sup>^</sup>
	YZ	0,47±0,14	0,45±0,03	0,3±0,05 <sup>^</sup>
Угол наклона таза, гр	XZ	-2,42±0,11	-3,31±0,39*	-2,15±0,12 <sup>^</sup>
	YZ	10,17±0,63	14,31±1,31*	10,46±0,75 <sup>^</sup>
Угол наклона шейного отдела, гр	XZ	-7,3±0,08	-7,35±0,47	-7,21±0,53
	YZ	-20,23±0,94	-20,28±1,72	-20,13±1,38

## Окончание таблицы 4

Показатели, плоскости	Этап	Базовый	Специальный	Соревновательный
	Угол смещения, гр	XZ	0,12±0,009	0,11±0,03
	YZ	0,19±0,08	0,2±0,02	0,2±0,01
Угол разворота надплечий, гр	XY	1,13±0,11	2,05±0,32*	1,06±0,07
Примечание: XZ, YZ, XY – фронтальная, сагиттальная и горизонтальная плоскости соответственно; * – $p < 0,05$ – уровень значимости отличий между базовым и специальным этапом подготовки; ^ – $p < 0,05$ – уровень значимости отличий между специальным и соревновательным этапом подготовки				

При анализе фронтальной и сагиттальной проекций в динамике исследуемых периодов у обследуемых спортсменов-барьеристов не было выявлено статистически значимых линейных смещений в длиннотных показателях хорды шейного ( $C_1-C_7$ ), грудного ( $C_7-Th_{12}$ ) и поясничного ( $Th_{12}-L_5$ ) отделов позвоночника ( $p > 0,05$ ).

Сканирование сегментов пассивной части опорно-двигательного аппарата обследуемых 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, характерными для длительной двигательной специализации в барьерном беге.

Несмотря на вышеобозначенную особенность, к соревновательному этапу нами установлена тенденция к устранению гипермобильности таза ( $p < 0,05$ ) и нормализации грудного кифоза у квалифицированных спортсменов-барьеристов за счет уменьшения углов наклона грудного ( $C_7-Th_{12}$ ) и поясничного ( $Th_{12}-L_5$ ) отделов позвоночника ( $p < 0,05$ ). Подобные биокинематические изменения, на наш взгляд, выступают как фактор, генерирующий эффективную соревновательную

деятельность бегунов с барьерами, и носят адаптационно-компенсаторный характер.

Статистически-значимых различий не наблюдалось в показателях прогибов сегментов позвоночного столба ( $C_1-C_7$ ;  $Th_{12}-L_5$ ;  $C_7-Th_{12}$ ) ни в один из исследуемых периодов подготовки спортсменов-барьеристов.

Исследование пространственных параметров позвоночного столба во фронтальной проекции показал, что характер воздействующих форм мышечных нагрузок в барьерном беге не оказывает статистически значимого влияния на уменьшение степени выраженности грудного сколиоза, выявленного у 75 % обследованных нами спортсменов.

На этапе специальной подготовки нами зафиксировано статистически значимое увеличение максимальной подвижности костей надплечевой оси опорно-двигательного аппарата у обследуемых спортсменов-барьеристов ( $p < 0,05$ ), что объясняется совершенствованием функциональных возможностей «дистанционных» мышечных групп верхних конечностей в результате увеличения процентного распределения специфической мышечной нагрузки в данном периоде системы тренировочно-соревновательной подготовки.

Этапные показатели угловых показателей смещения в плоскостях XZ и YZ в исследуемой выборке спортсменов-барьеристов не имели статистически значимых отличий от показателей физиологической нормы (на  $0,11^\circ-0,14^\circ$  и  $0,19^\circ-0,2^\circ$  соответственно).

Таким образом, сравнительная оценка и статистический анализ результатов трехмерного сканирования позволил нам получить дифференцированную, в зависимости от этапа системы тренировочно-соревновательной подготовки, картину двигательного профиля в различных отделах позвоночника, плечевого и тазового поясах и определить физиологически-допустимый диапазон функциональных изменений для параметров биокинematики опорно-двигательного аппарата спортсменов, специализирующихся в барьерном беге.

### **3.5 Изменения функциональных свойств мышечной системы у обследуемых барьеристов**

Бег с барьерами является одним из самых требовательных видов спорта в отношении технического совершенствования двигательных функций [70; 84; 158; 165].

По мнению J. Iskra (2012) структура целостного совершенствования двигательных функций барьеристов в различные фазы системы тренировочно-соревновательной подготовки актуализирует необходимость определенного акцентирования на вопросе изучения сопряженных изменений в функциональных свойствах скелетной мускулатуры [157]. Однако, ввиду сложности анализа и высокой затратности инструментальной оценки данных изменений, исследования в этом направлении практически не проводятся. В единичных исследованиях зарубежных специалистов сообщалось о наличии взаимосвязи эффективности специфической двигательной деятельности с такими показателями как работа, сила и мощность при проведении изокинетической полидинамометрии [170]. Данное обстоятельство предопределило включение в общую логику нашего исследования частную и актуальную задачу – охарактеризовать функциональные изменения биодинамических параметров мышечных групп, реализующих специфическую мышечную деятельность спортсменов-барьеристов, в различные фазы тренировочно-соревновательной подготовки.

Согласно полученным нами данным изокинетического тестирования «стартовых» мышечных групп в период базовой подготовки у обследуемых барьеристов выявлялась латеральная асимметрия между максимальными показателями мышечной силы опорной и маховой ноги ( $p < 0,05$ ) (таблица 5). При этом наблюдалось аналогичное достоверное различие в процентном отношении пика вращающего момента к весу тела спортсменов, в связи с чем, можно предположить, что подобная функциональная различность обуславливается неравномерным соотношением масс контралатеральных конечностей.

Таблица 5 – Показатели силы «стартовых» мышечных групп у квалифицированных спортсменов-барьеристов в период базовой подготовки (M±S)

Сустав, угл. скорость	Параметр	Пик ВРМ, Нм		Пик ВРМ/ВТ, %	
		↑	↓	↑	↓
	ТБС (опорная нога), 45 грд/с	153,12±0,71	212,1±9,75	201,47±3,87	247,36±16,75
	ТБС (маховая нога), 45 грд/с	140,39±5,01°	191,91±0,28	184,13±5,09°	252,31±11,8
	ТБС (опорная нога), 300 грд/с	40,5±2,04	136,08±2,01	53,94±0,42	179,23±3,44
	ТБС (маховая нога), 300 грд/с	34,9±0,16°	129,1±1,04°	48,53±2,19°	169,28±1,19°
<i>Примечание:</i> ТБС – тазобедренный сустав; ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; ° – p<0,05 – уровень значимости отличий между опорной и маховой ногами					

Асимметрия силовых характеристик между опорной частью ТБС и маховой нами была также установлена на специальном этапе подготовки при угловой скорости в 300 грд/с (p<0,05) (таблица 6). Отсутствие подобного различия на низкой угловой скорости свидетельствует о более высоком уровне силовой выносливости маховой ноги (J. Iskra, 2012), что логично соотносится с особенностями данного этапа системы тренировочно-соревновательной подготовки барьеристов – 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.

Таблица 6 – Показатели силы «стартовых» мышечных групп у квалифицированных спортсменов-барьеристов на специальном этапе подготовки (M±S)

Сустав, угл. скорость	Параметр	Пик ВРМ, Нм		Пик ВРМ/ВТ, %	
		↑	↓	↑	↓
	ТБС (опорная нога), 45 грд/с	161,04±3,15	234,2±1,07	202,05±1,57	293,51±10,5
	ТБС (маховая нога), 45 грд/с	155,87±0,77	229,54±15,1	195,57±4,8	288,05±6,14

## Окончание таблицы 6

Сустав, угл. скорость	Параметр	Пик ВРМ, Нм		Пик ВРМ/ВТ, %	
		↑	↓	↑	↓
ТБС (опорная нога), 300 грд/с		46,02±0,32	144,54±2,22	57,41±1,15	181,08±5,31
ТБС (маховая нога), 300 грд/с		41,31±2,13°	133,08±3,6°	51,37±2,04°	166,96±1,1°
<i>Примечание:</i> ТБС – тазобедренный сустав; ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; ° – p<0,05 – уровень значимости отличий между опорной и маховой ногами					

Тенденция статистически значимого увеличения максимальной мышечной силы «стартовых» мышечных групп фиксировалась при переходе от базового к специальному этапу подготовки (p<0,05), однако в период соревновательной практики статистически-значимых отличий мы не обнаружили (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели изменений пика вращающего момента в «стартовых» мышечных группах у квалифицированных барьеристов в зависимости от этапа подготовки (M±S), Нм

Этап	Сустав, угл. скорость	ТБС (опорная нога), 45 грд/с	ТБС (маховая нога), 45 грд/с	ТБС (опорная нога), 300 грд/с	ТБС (маховая нога), 300 грд/с
		Базовый	↑	153,12±0,71	140,39±5,01
↓	212,1±9,75		191,91±0,28	136,08±2,01	129,1±1,04
Специальный	↑	161,04±3,15*	155,87±0,77*	46,02±0,32*	41,31±2,13*
	↓	234,2±1,07*	229,54±15,1*	144,54±2,22*	133,08±3,6*
Соревновательный	↑	169,2±1,19	160,16±4,82	48,57±1,97	45,04±2,37
	↓	242,07±2,78	247,84±1,76	144,39±0,94	138,7±8,55
<i>Примечание:</i> ТБС – тазобедренный сустав; ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; * – p<0,05 – уровень значимости отличий между показателями базового и специального этапов подготовки					

На этом фоне интерес представляла собой динамика показателей средней мощности данных мышечных групп – статистически значимое увеличение которых и при сгибании ТБС и при его разгибании было установлено, напротив, только в соревновательный период (p<0,05) (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика изменений средней мощности сокращения при тестировании «стартовых» мышечных групп у квалифицированных барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm S$ ), Вт

Сустав, угл. скорость		Этап		ТБС (опорная нога), 45 грд/с	ТБС (маховая нога), 45 грд/с	ТБС (опорная нога), 300 грд/с	ТБС (маховая нога), 300 грд/с
		↑	↓				
Базовый	↑			61,49±7,17	56,29±2,86	15,24±4,2	13,31±1,65
	↓			85,46±4,72	77,23±7,93	54,34±2,19	51,85±1,97
Специальный	↑			64,62±1,17	62,26±2,11	17,76±1,04	15,57±3,32
	↓			94,48±2,84	93,95±1,22	57,93±1,46	53,12±2,03
Соревновательный	↑			69,76±1,51 <sup>^</sup>	68,62±0,95 <sup>^</sup>	23,17±2,2 <sup>^</sup>	22,72±0,92 <sup>^</sup>
	↓			101,79±1,42 <sup>^</sup>	100,59±2,3 <sup>^</sup>	62,28±0,73 <sup>^</sup>	58,05±0,61 <sup>^</sup>
<p><i>Примечание:</i> ТБС – тазобедренный сустав; ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; <sup>^</sup> – <math>p &lt; 0,05</math> – уровень значимости отличий между показателями специального и соревновательного этапов подготовки</p>							

Единообразная картина динамики групповых показателей средней мощности сокращения наблюдалась нами и при анализе биодинамических характеристик «дистанционных» мышечных групп у обследуемых барьеристов (таблица 9). Это позволило нам предположить, что специфические факторы целенаправленного повышения спортивного мастерства бегунов с барьерами на специальном этапе системы тренировочно-соревновательной 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 опорно-двигательного аппарата. Но, на этапе соревновательной подготовки, рост функциональных возможностей двигательного аппарата 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 сокращения). В этой связи подобные функциональные изменения могут выступать в качестве маркера процесса совершенствования двигательных возможностей скелетных мышц, реализующих соревновательные действия барьериста.

Таблица 9 – Динамика изменений средней мощности сокращения при тестировании «дистанционных» мышечных групп у квалифицированных барьеристов ( $M \pm S$ ), Вт

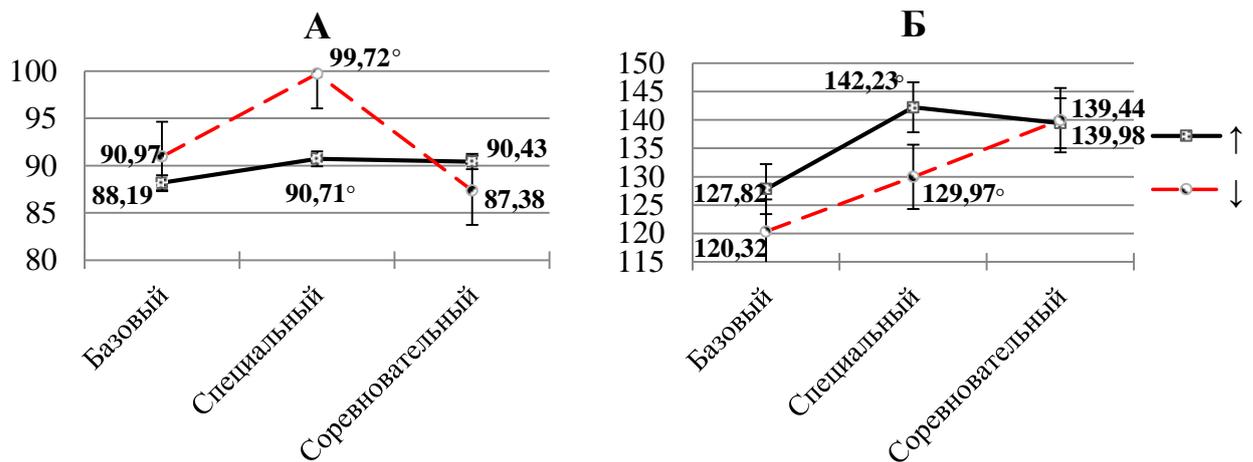
Сустав, угл. скорость		Этап			
		КС (опорная нога), 45 грд/с	КС (маховая нога), 45 грд/с	КС (опорная нога), 300 грд/с	КС (маховая нога), 300 грд/с
Базовый	↑	61,49±7,17	56,29±2,86	15,24±4,2	13,31±1,65
	↓	85,46±4,72	77,23±7,93	54,34±2,19	51,85±1,97
Специальный	↑	64,62±1,17	62,26±2,11	17,76±1,04	15,57±3,32
	↓	94,48±2,84	93,95±1,22	57,93±1,46	53,12±2,03
Соревновательный	↑	69,76±1,51 <sup>^</sup>	68,62±0,95 <sup>^</sup>	23,17±2,2 <sup>^</sup>	22,72±0,92 <sup>^</sup>
	↓	101,79±1,42 <sup>^</sup>	100,59±2,3 <sup>^</sup>	62,28±0,73 <sup>^</sup>	58,05±0,61 <sup>^</sup>

*Примечание:* КС – коленный сустав; ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; <sup>^</sup> –  $p < 0,05$  – уровень значимости отличий между показателями специального и соревновательного этапов подготовки

На специальном этапе подготовки при сравнительной билатеральной оценке мышц сгибателей КС показатели суммарной мышечной силы в повторе с максимально выполненной работой опорной ноги статистически значимо превосходили показатели маховой (на 12,26 с) на угловой скорости 300 грд/с ( $p < 0,05$ ). Данный факт может свидетельствовать, на наш взгляд, о недостаточности синтеза нейромедиаторов в представленной мышечной группе на фоне развивающегося утомления, что привело к угнетению процесса генерации максимальной силы во всем диапазоне движения (В. Янда, 2010). Следует отметить, что отсутствие подобного функционального дисбаланса между этими показателями на угловой скорости 60 грд/с констатирует необходимость проведения этапной изокINETической полидинамометрии у спортсменов-

барьеристов и на высоких ( $\geq 180$  грд/с) и на низких ( $< 180$  грд/с) скоростях для выявления возможных патобиомеханических явлений и их своевременной коррекции.

При анализе показателей отношения силы агонистов и антагонистов у обследуемых барьеристов в период специальной подготовки было установлено, что данные показатели выше на 5,33 % при угловой скорости 300 грд/с в ТБС опорной ноги и на 5,11 % выше в КС маховой ноги при той же угловой скорости ( $p < 0,05$ ) (рисунок 6). Поскольку данное достоверное увеличение не превышало физиологически-допустимых интервалов функционального дисбаланса между мышцами агонистами и антагонистами одного сустава ( $> 10$  %), а также к соревновательному этапу произошло выравнивание этих показателей, можно предположить, что эти колебания связаны с адаптивным процессом совершенствования механизмов коактивации мышц сгибателей и разгибателей у спортсменов-барьеристов в условиях высокой интенсивности тренировочной программы специального этапа, что позволило на этапе соревновательной практики генерировать в «стартовых» и «дистанционных» мышечных группах максимально быстрое сокращение.



Примечание: ↑, ↓ – сгибание и разгибание сустава; ° –  $p < 0,05$  – уровень значимости отличий между агонистами и антагонистами мышечных групп

Рисунок 6 – Изменения показателей реципрокной иннервации «стартовых» (А) и «дистанционных» (Б) мышечных групп у спортсменов-барьеристов в зависимости от этапа подготовки

Наиболее выраженные изменения, выявленные нами в процессе поэтапного анализа результатов изокинетического тестирования «стартовых» и «дистанционных» мышечных групп у квалифицированных барьеристов, объяснимы развитием таких процессов, как формирование миофибрилярного «каркаса» в период базовой подготовки; образование на М-линиях миозиновых соединений в ответ на специфические мышечные воздействия специального этапа; нанизывание структурно-связных ферментных и функциональных белков (миозин, F-актин, тропонин, тропомиозин) накопление и повышение активности которых, под воздействием факторов соревновательной подготовки, обеспечило силу и быстроту сокращения новых актомиозиновых структур мышц.

Таким образом, благодаря описанным выше функциональным изменениям, обеспечивается динамическая стабильность двигательного аппарата спортсменов-барьеристов при подведении их к кульминационным состязаниям, а также увеличивается реципрокное время иннервации мышечных групп, ответственных за реализацию соревновательного упражнения в барьерном беге.

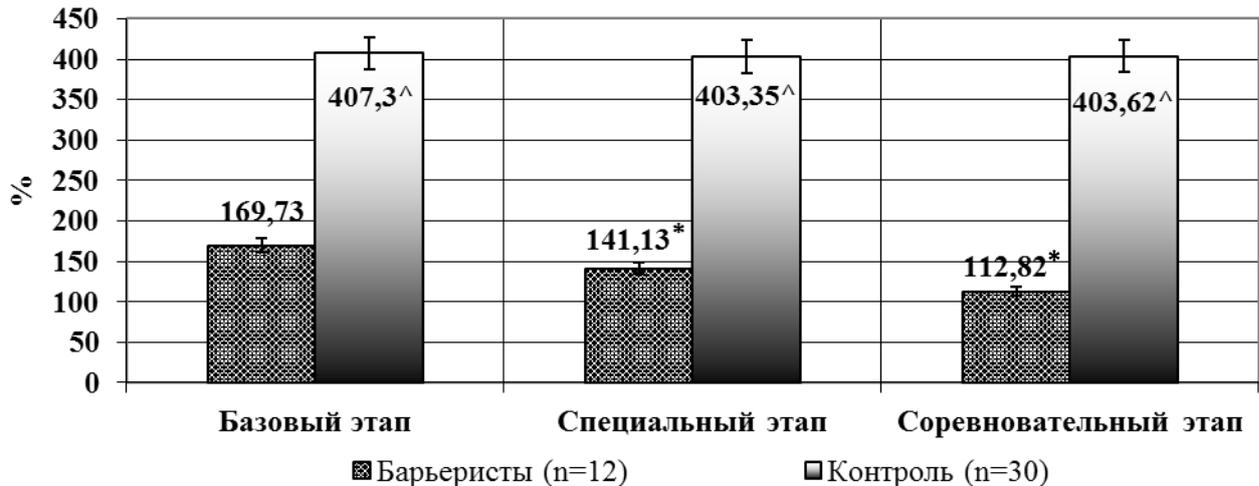
### **3.6 Анализ параметров статокINETической устойчивости обследуемых барьеристов**

Чрезмерный объем тренировочной работы спортсменов-барьеристов, связанный с асимметричными мышечными напряжениями, может выступать как фактор, лимитирующий формирование механизмов межмышечной координации, что отрицательно скажется на высоко значимых в барьерном беге показателях статокINETической устойчивости и поддержании позного равновесия [153].

Реализация учета данного обстоятельства в процессе совершенствования двигательной деятельности барьеристов нашла свое отражение в исследованиях Н.Г. Озолина (1970): «... тренировочная программа бегунов с барьерами должна быть более специализированной, а двигательные функции и специальные физические качества совершенствоваться в комплексе, характерном

кинematической структуре соревновательного упражнения в допустимых с позиций физиологии объемах тренировочной работы и соревновательной практики».

На рисунке 7 представлены результаты сенсорно-вестибулярного теста у обследуемых барьеристов и группы сравнения, характеризующие интегральный критерий функционирования зрительной проприорецепции – коэффициент Ромберга (КР, %).



*Примечание:* <sup>^</sup> –  $p < 0,001$  – уровень значимости отличий между показателями основной группы и группы сравнения; <sup>\*</sup> –  $p < 0,05$  – уровень значимости отличий между этапами подготовки

Рисунок 7 – Изменения показателей коэффициента Ромберга спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

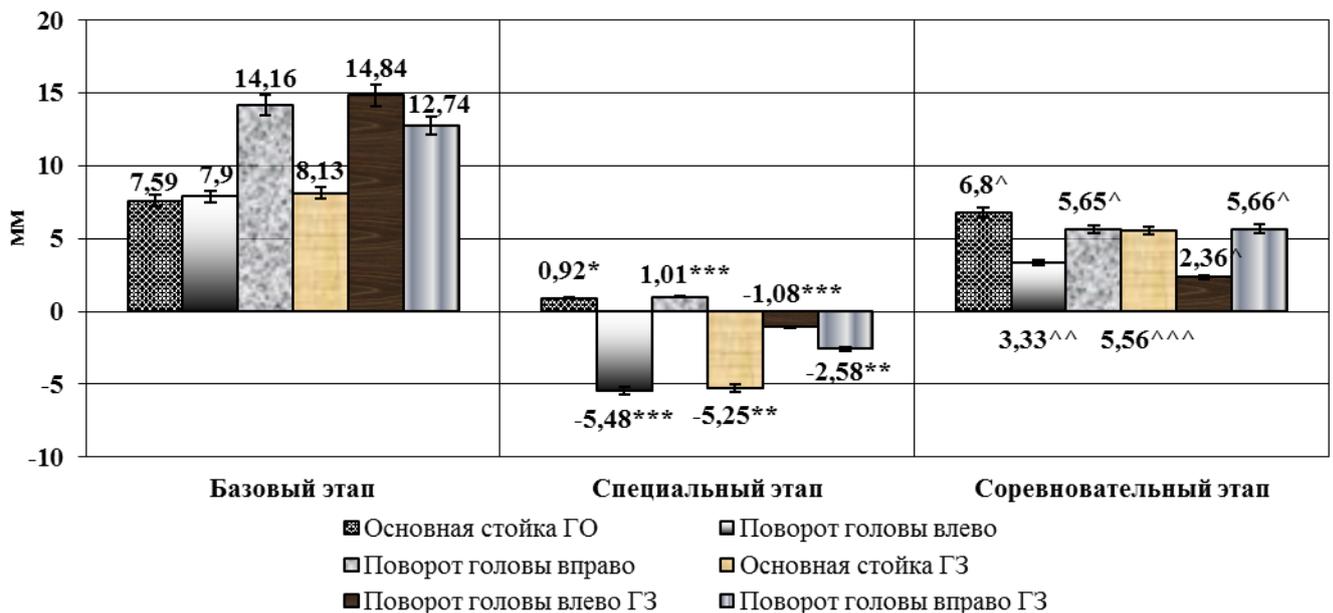
Функционирование зрительной проприорецепции заключается в сложной межсистемной взаимосвязи анализаторов глаз и проприорецептивной системы, совместный вклад которых обеспечивает контроль постурального баланса в основной стойке (M. Romberg, 1840).

Показатели КР квалифицированных барьеристов с высокой степенью статистически значимых различий были ниже показателей мужчин группы сравнения в динамике всех исследуемых периодов ( $p < 0,001$ ). Достоверное сближение КР у обследуемых 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 барьеру.

Следует отметить, что показатели КР в группе сравнения были выше нормативных значения для «европейской» стойки, однако находились в референсных границах доверительного интервала (-20– 628,6 %).

Положение ОЦД во фронтальной плоскости в пробах и с открытыми (ГО) и с закрытыми глазами (ГЗ) в период специальной подготовки имело тенденцию к смещению в сторону толчковой ноги ( $p < 0,01$ – $p < 0,001$ ), что свидетельствовало о наличии асимметрии нагружения между правой и левой частями тела барьеристов. В соревновательный период подготовки, вероятно, за счет более равномерного перераспределения силовых и скоростно-силовых мышечных нагрузок между контралатеральными звеньями двигательного профиля обследуемых барьеристов, произошла относительная компенсаторная стабилизация выраженных отклонений положения ОЦД (рисунок 8).

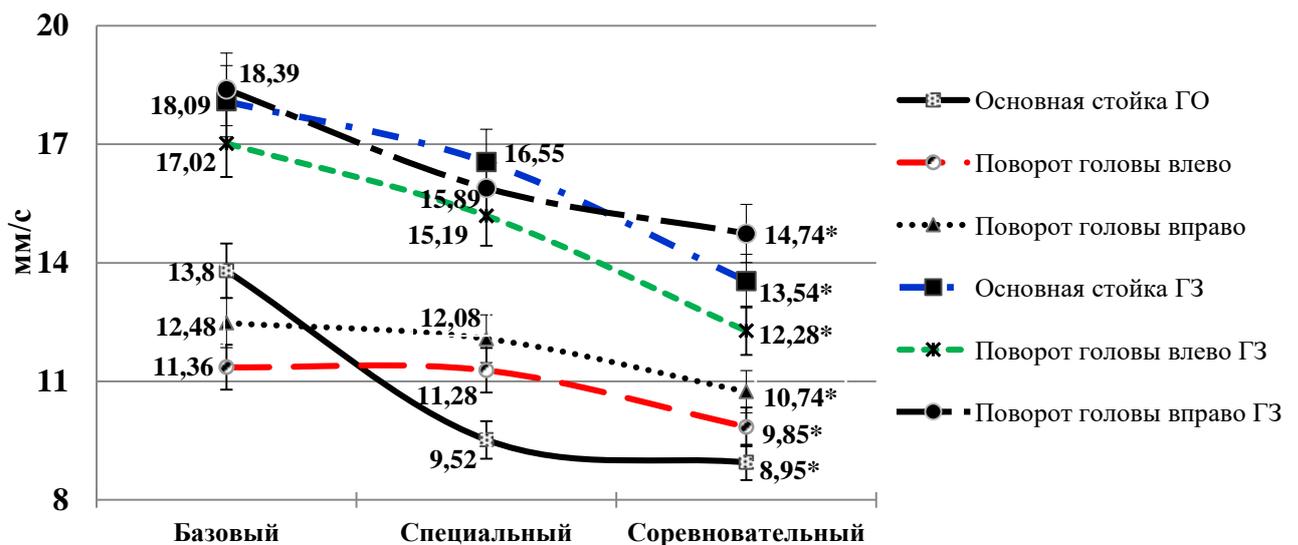


Примечание: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  – уровень значимости отличий между показателями базового и специального этапов подготовки; ^ –  $p < 0,05$ ; ^^ –  $p < 0,01$ ; ^^ –  $p < 0,001$  – уровень значимости отличий между показателями специального и соревновательного этапов подготовки

Рисунок 8 – Среднегрупповые показатели смещения положения ОЦД во фронтальной плоскости у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

Преимущественной двигательной стратегией в динамике системы подготовки спортсменов-барьеристов была голеностопная стратегия поддержания равновесия. Следует отметить, что в специальной фазе подготовки в сагиттальной плоскости положение ОЦД достоверно изменялось отклонением вперед в пробах: «поворот головы вправо» (на 9,04 мм, при  $p < 0,001$ ) и «поворот головы влево ГЗ» (на 7,97 мм, при  $p < 0,05$ ). Данная особенность не свидетельствует о нарушениях физиологического механизма формирования СКУ у спортсменов-барьеристов, но характеризует неэкономичный уровень энергозатрат на балансировку при реализации двигательного потенциала.

По данным всех проведенных проб (ГО и ГЗ) скорость перемещения ОЦД в группе квалифицированных спортсменов-барьеристов поэтапно снижалась, достигая уровня физиологической нормы ( $p < 0,05$ ) (рисунок 9). Выявленная особенность свидетельствует, на наш взгляд, 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 и т.д.).



Примечание: \* –  $p < 0,05$  – уровень значимости отличий между показателями базового и соревновательного этапов подготовки

Рисунок 9 – Результаты анализа скорости перемещения ОЦД у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

На этапе базовой подготовки в группе спортсменов-барьеристов значения показателей площади СКГ находились в пределах близких к показателям физиологической нормы для популяции мужчин данного возраста ( $p < 0,05$ ) (для проб ГО – 99,5 мм<sup>2</sup>, для проб ГЗ – 258,4 мм<sup>2</sup>).

Базовый и специальный этапы системы тренировочно-соревновательной подготовки барьеристов характеризовались более высокими показателями площади СКГ в период выполнения проб с поворотом головы вправо ( $p < 0,05$ ). На этапе соревновательной практики отмечалось выравнивание исследуемых показателей площади СКГ, ассоциированных с сенсорным возмущением (все пробы за исключением основной стойки ГО) ( $p < 0,05$ ) (таблица 10).

Таблица 10 – Показатели изменений площади статокинезиограммы (S90) у квалифицированных спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm m$ ), мм<sup>2</sup>

Проба \ Этап	Базовый	Специальный	Соревновательный	Доверительные интервалы для европейской стойки
Основная стойка ГО	32,53±14,61	52,69±23,04	49,1±2,46	16,8–182,2
Поворот головы влево	92,46±10,49	112,11±15,8	132,89±14,91^	
Поворот головы вправо	121,71±5,88*	167,74±10,07*	136,28±1,62^	
Основная стойка ГЗ	209,64±3,98	147,04±31,69	137,88±28,44^	-26,7–544,6
Поворот головы влево ГЗ	198,39±19,56	60,08±14,42	133,25±10,77^	
Поворот головы вправо ГЗ	273,66±16,09*	109,71±9,13*	137,06±46,03^	
<i>Примечание:</i> * – $p < 0,05$ – уровень значимости отличий между показателями проб с поворотом головы влево и вправо; ^ – $p < 0,05$ – уровень значимости отличий между показателями базового и соревновательного этапов подготовки				

Предположительно, сложная структура соревновательных действий в барьерном беге требует достаточно продолжительного времени не только для формирования физиологически неврологической организации двигательного стереотипа, но и для сохранения способности к удержанию основной стойки

при одиночных и комплексных движениях, поэтому относительной линейности параметры S90 в пробах с поворотами головы и закрытием глаз достигли только к периоду соревнований.

Показатели спектральной мощности во фронтальной (fx) и сагиттальной (fy) плоскостях у обследуемых барьеристов по всем проведенным пробам (ГО и ГЗ) имели однотипную тенденцию к увеличению доли медленных высокоамплитудных колебаний частот (от 0 до 0,3 Гц) в фазе специальной подготовки ( $p \leq 0,05$ ) и эскалации доли средних колебаний частот (от 0,5 до 1,5 Гц) по мере увеличения доли специфических мышечных нагрузок ( $p < 0,05-0,01$ ) (таблица 11).

Таблица 11 – Показатели изменений уровня 60 % спектра мощности у спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности ( $M \pm S$ ),  $\text{мм}^2$

Проба	Этап		Базовый	Специальный	Соревновательный	Доверительные интервалы для европейской стойки
	fx	fy				
Основная стойка ГО	fx		0,38±0,04	0,28±0,02*	0,5±0,08^	0,6–0,02
	fy		0,43±0,02	0,27±0,06*	0,52±0,07^	
Поворот головы влево	fx		0,45±0,05	0,3±0,01*	0,53±0,06^	
	fy		0,55±0,09	0,25±0,05*	0,45±0,07^	
Поворот головы вправо	fx		0,4±0,04	0,27±0,02*	1,25±0,34^	
	fy		0,9±0,19	0,3±0,06*	0,52±0,04^	
Основная стойка ГЗ	fx		0,48±0,03	0,33±0,05*	0,53±0,05^	0,6–0,014
	fy		0,3±0,02	0,17±0,05*	0,54±0,13^	
Поворот головы влево ГЗ	fx		0,35±0,07	0,19±0,03*	0,51±0,1^^	
	fy		0,58±0,04	0,3±0,1*	0,52±0,02^	
Поворот головы вправо ГЗ	fx		0,38±0,01	0,25±0,07*	0,55±0,08^	
	fy		0,8±0,22	0,22±0,04*	0,51±0,09^	

*Примечание:* \* –  $p \leq 0,05$  – уровень значимости отличий между показателями проб с поворотом головы влево и вправо; ^ –  $p \leq 0,05$ ; ^^ –  $p \leq 0,01$  – уровень значимости отличий между показателями специального и соревновательного этапов подготовки

Перераспределение к соревновательному этапу функциональных осцилляций стабิโลграммы у спортсменов-барьеристов в сторону спектра мощности средних частот и во фронтальной и в сагиттальной плоскостях свидетельствует о повышении стабильности кинематической цепи специфических двигательных действий.

Результаты стабилметрического исследования с сенсорно-вестибулярной пробой у спортсменов-барьеристов в динамике подготовки характеризовались малой вариативностью таких показателей СКУ как: динамический компонент равновесия (54,61–57,84 у.ед. в пробах ГО; 72,6–76,4 у.ед. в пробах ГЗ), индекс устойчивости (45,4–42,16 у.ед. в пробах ГО; 27,39–23,59 у.ед. в пробах ГЗ) и показатель стабильности (96,15–93,18 % в пробах ГО; 87,85–90,13 % в пробах ГЗ). Теоретически это можно расценить как критерий выработки долговременных компенсаторных реакций у спортсменов при длительной двигательной специализации в барьерном беге, направленных на сохранение СКУ относительно меняющихся, в зависимости от нагрузок этапа подготовки, характеристик восприятия положения тела (статический компонент) и ощущений направления, скорости движения тела при его пространственных перемещениях (динамический компонент).

Выявленные нами и описанные выше функциональные изменения параметров статокINETической устойчивости свидетельствуют о выработке у спортсменов-барьеристов устойчивого исключительно к специфическим мышечным нагрузкам этапа системы тренировочно-соревновательной подготовки перекрестного двигательного стереотипа (контралатеральная синхронизация активности соответствующих проприорецепторов и миотатических рефлексов).

К тому же, особое значение имеет прикладной характер проведенного анализа СГ и СКГ в коррекции учебно-тренировочной программы спортсменов-барьеристов. Так, на этапе специальной подготовки, с выраженным увеличением доли медленных высокоамплитудных колебаний осцилляций у барьеристов, целесообразным представляется использование специальных стоек с балансиром и без, направленных на тренировку статического компонента СКУ (рисунок 10).

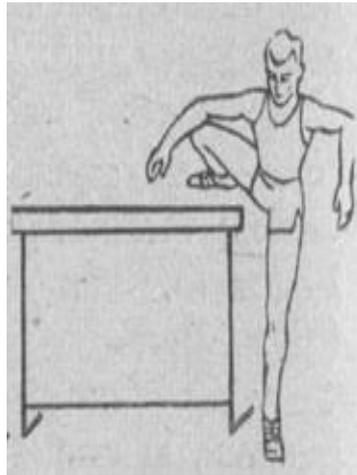


Рисунок 10 – Варианты специальных стоек с балансиром и без для спортсменов-барьеристов

## ГЛАВА 4 ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА- БАРЬЕРИСТА

### 4.1 Системообразующие связи в структуре функционального состояния организма спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности

В настоящее время, несмотря на развитие спортивной науки, разработка научно-обоснованных подходов, позволяющих осуществлять эффективное управление процессом подготовки спортсменов, остается по-прежнему весьма актуальной. Одной из важнейших сторон совершенствования системы подготовки высококвалифицированных спортсменов является построение физиологически-рациональной структуры тренировочных нагрузок, основанной на установлении системообразующих оптимальную модель функционального состояния организма спортсмена связей [16; 143].

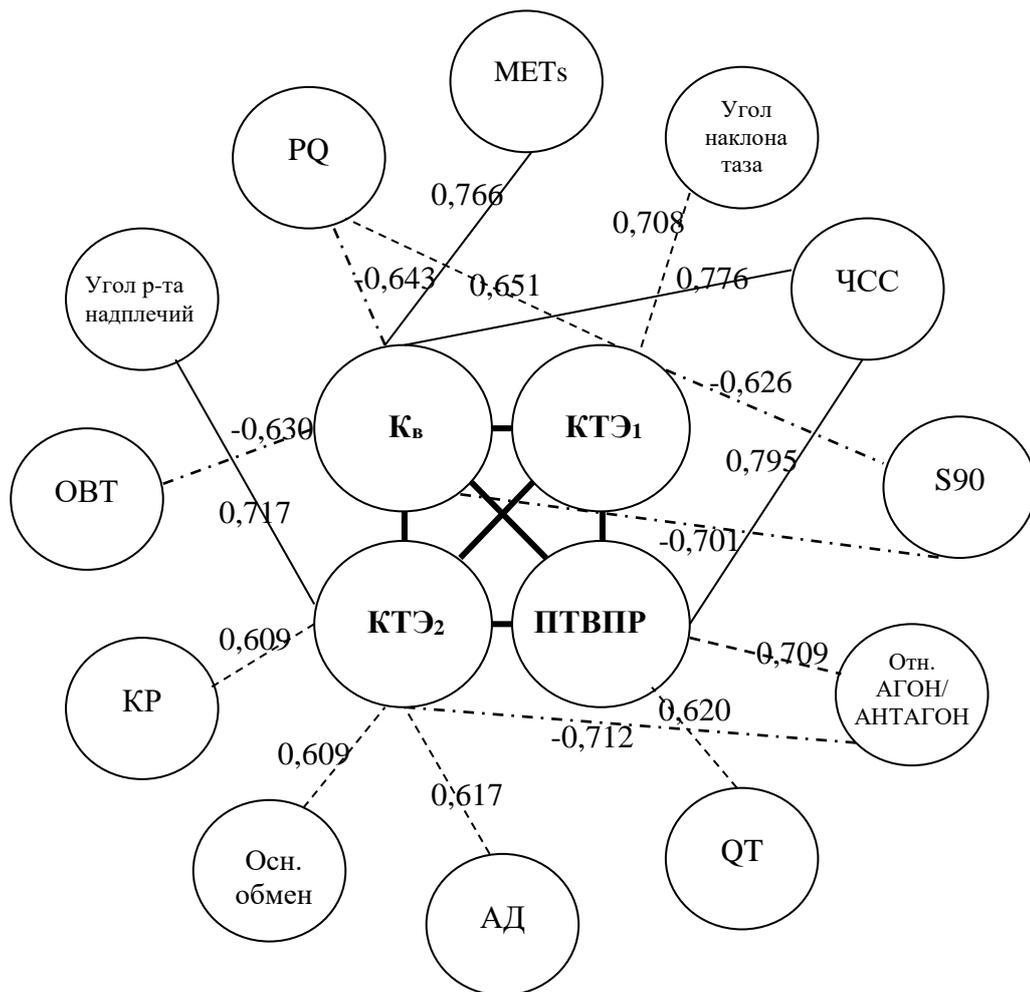
Опираясь на модельные ориентиры специальной физической подготовки высококвалифицированных барьеристов (по циклу исследований В. Б. Брейзера, В. Каверина) мы провели тестирование на предмет установления динамики и внутренних взаимосвязей, статистически-подтвержденных более ранними исследованиями, показателей спортивной результативности барьеристов в системе тренировочно-соревновательной подготовки (таблица 12).

Таблица 12 – Изменения показателей специальной физической подготовленности, определяющих спортивный результат в барьерном беге, у обследуемых спортсменов ( $M \pm S$ )

Показатели	Этап		
	Базовый	Специальный	Соревновательный
$K_B, c$	7,71±0,62	7,25±0,46	7,38±0,06
КТЭ <sub>1</sub> , у.ед.	0,64±0,01	0,71±0,01	0,78±0,01
КТЭ <sub>2</sub> , у.ед.	0,66±0,01	0,75±0,01	0,81±0,01
ПТВПР, с	0,36±0,01	0,38±0,002	0,17±0,002

*Примечание:*  $K_B$  – коэффициент специальной выносливости; КТЭ<sub>1</sub>, КТЭ<sub>2</sub> – коэффициенты технической эффективности; ПТВПР – показатель точности воспроизведения произвольного ритма

В дальнейшем, с целью более глубокой характеристики «портрета» функциональной подготовленности спортсмена-барьериста высокого класса, графически были представлены статистически значимые положительные и отрицательные корреляции ( $r$ ) между показателями функционального состояния организма спортсменов-барьеристов в периоды базовой (рисунок 11), специальной (рисунок 12) и соревновательной (рисунок 13) подготовки и модельными характеристиками их спортивной результативности.

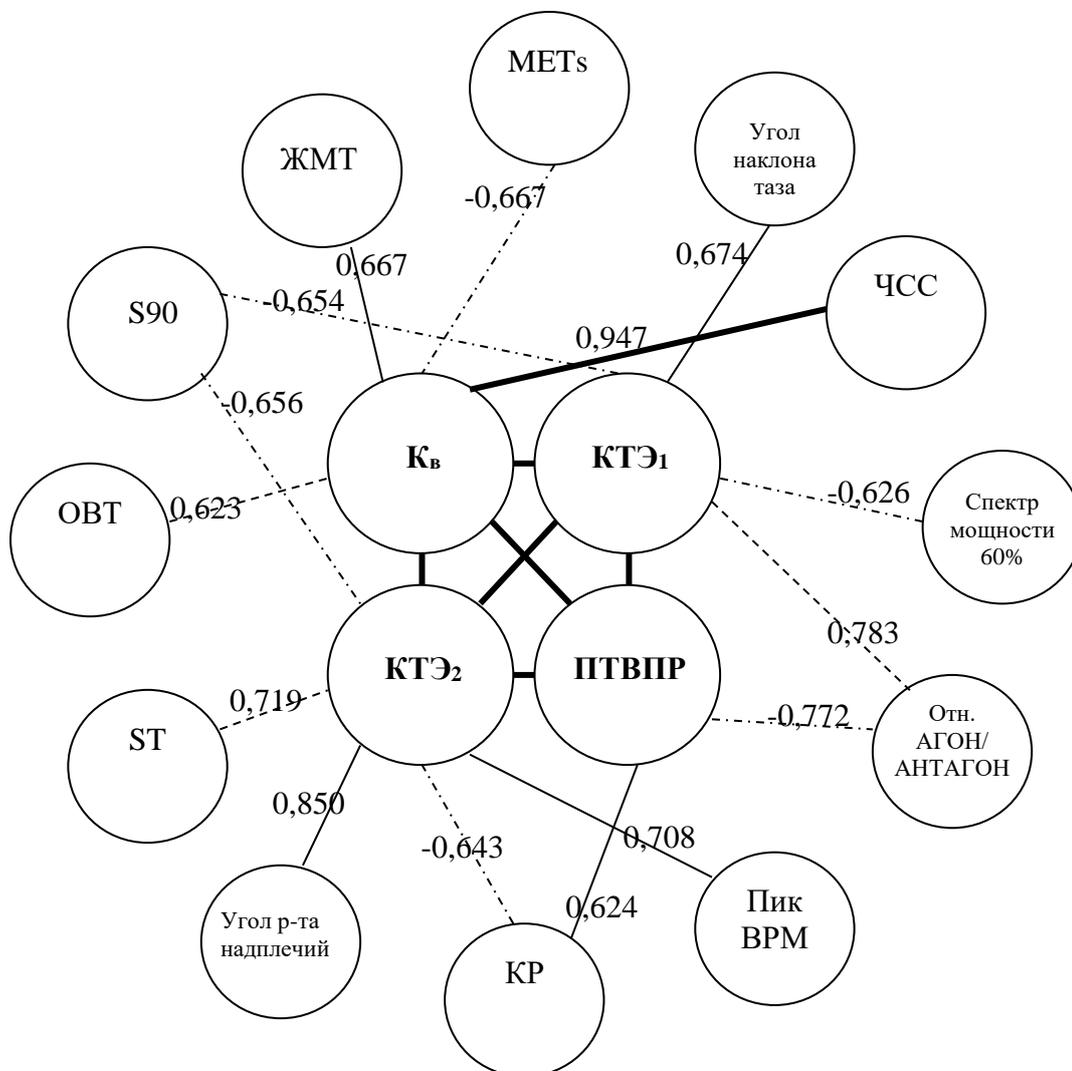


*Примечание:* линиями обозначены уровни значимости корреляции: -----  $p \leq 0,05$   
 —————  $p \leq 0,01$   
 —————  $p \leq 0,001$   
 ..... отрицательные  $r$

Рисунок 11 – Коррелограмма системообразующих связей в структуре оптимальной модели функционального состояния спортсмена-барьериста в период базовой подготовки

В базовый период выявлены разноуровневые коэффициенты корреляции, различные по силе и по направлению (всего 16 статистически достоверных

связей). Наиболее сильные связи с модельными характеристиками 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.

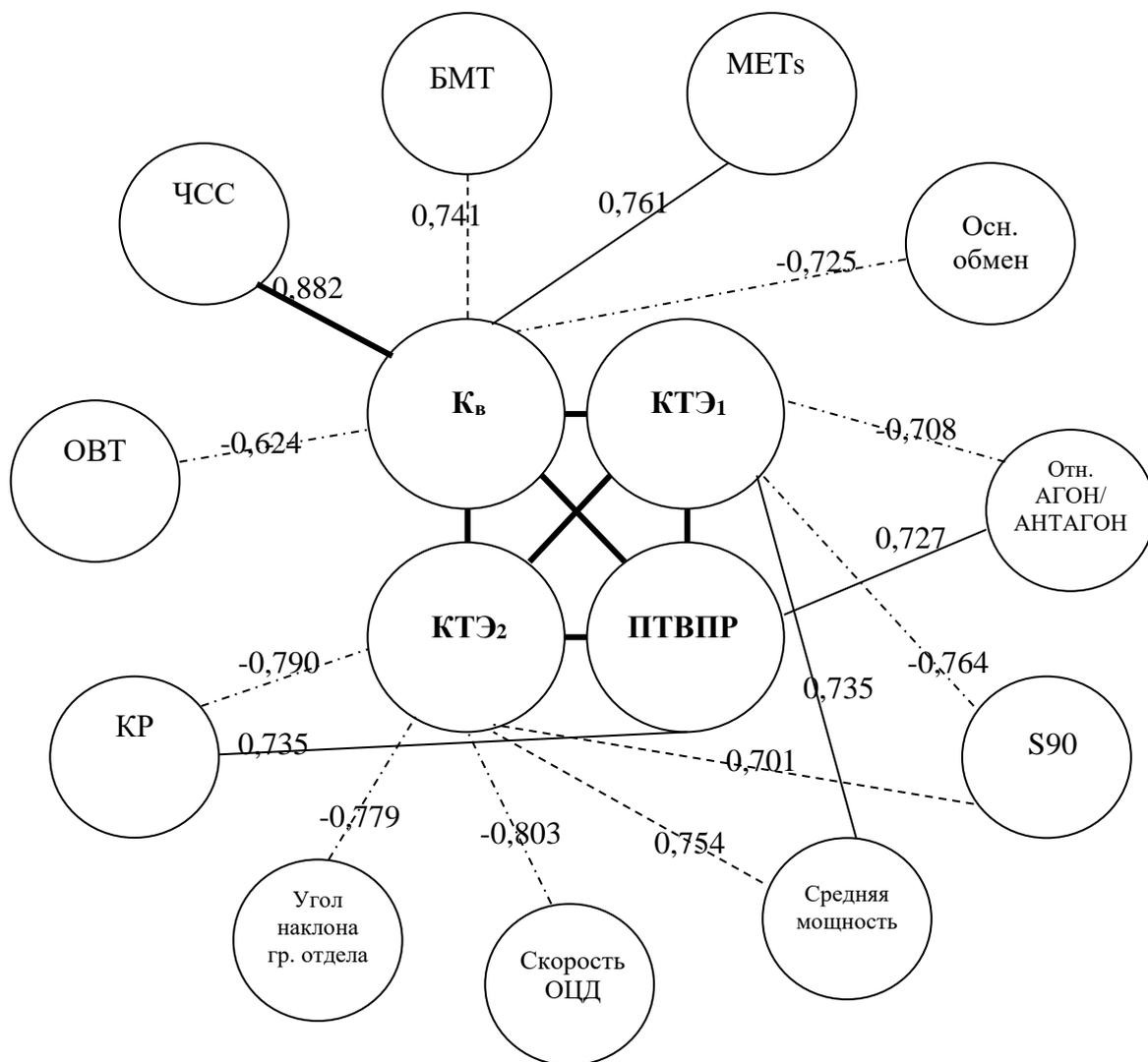


*Примечание:* линиями обозначены уровни значимости корреляции: - - - - -  $p \leq 0,05$   
 —————  $p \leq 0,01$   
 —————  $p \leq 0,001$   
 - - - - - отрицательные  $r$

Рисунок 12 – Коррелограмма системообразующих связей в структуре оптимальной модели функционального состояния спортсмена-барьериста в период специальной подготовки

Количество системообразующих корреляционных плеед в период специальной подготовки сократилось, однако увеличилось количество средних по силе обратных связей. Увеличилась сила взаимосвязи между  $ЧСС$  и  $K_b$  ( $r=0,947$ ,

при  $p < 0,001$ ). В фазе специальной подготовки объективно увеличился вклад показателей постурологического контроля в формирование оптимальной «модели» функционального состояния организма спортсменов-барьеристов.



Примечание: линиями обозначены уровни значимости корреляции: -----  $p \leq 0,05$   
 —————  $p \leq 0,01$   
 —————  $p \leq 0,001$   
 ----- отрицательные r

Рисунок 13 – Коррелограмма системообразующих связей в структуре оптимальной модели функционального состояния спортсмена-барьериста в соревновательный период

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

спортсменов-барьеристов и модельными характеристиками их спортивной результативности.

Опираясь на концептуальные положения теории функциональных систем П.К. Анохина (1975), теории системного структурного следа Ф.З. Меерсона (1981) и теории организации движений Н.А. Бернштейна (1966), можно предположить, что 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.

Для достижения высоких спортивных результатов как главного интегрального показателя адаптации высококвалифицированных барьеристов к действию различных факторов нагрузки следует ориентироваться на модельные характеристики специальной подготовленности, но необходимо учитывать и комплекс ведущих функциональных показателей. В этом следует искать объективную основу совершенствования методики функциональной подготовки атлетов, специализирующихся в сложнокоординационных циклических видах спорта.

#### **4.2 Компоненты модели оптимального функционального состояния организма спортсмена-барьериста в системе тренировочно-соревновательной подготовки**

С целью формирования перспектив проведенного исследования, прогноза потенциальных закономерностей в формировании оптимальной модели функционального состояния организма квалифицированного спортсмена-барьериста мы подвергли полученные результаты исследования вторичной статистической обработке (рисунок 14) с описанием модели дисперсионного анализа на сравнение среднегрупповых значений.

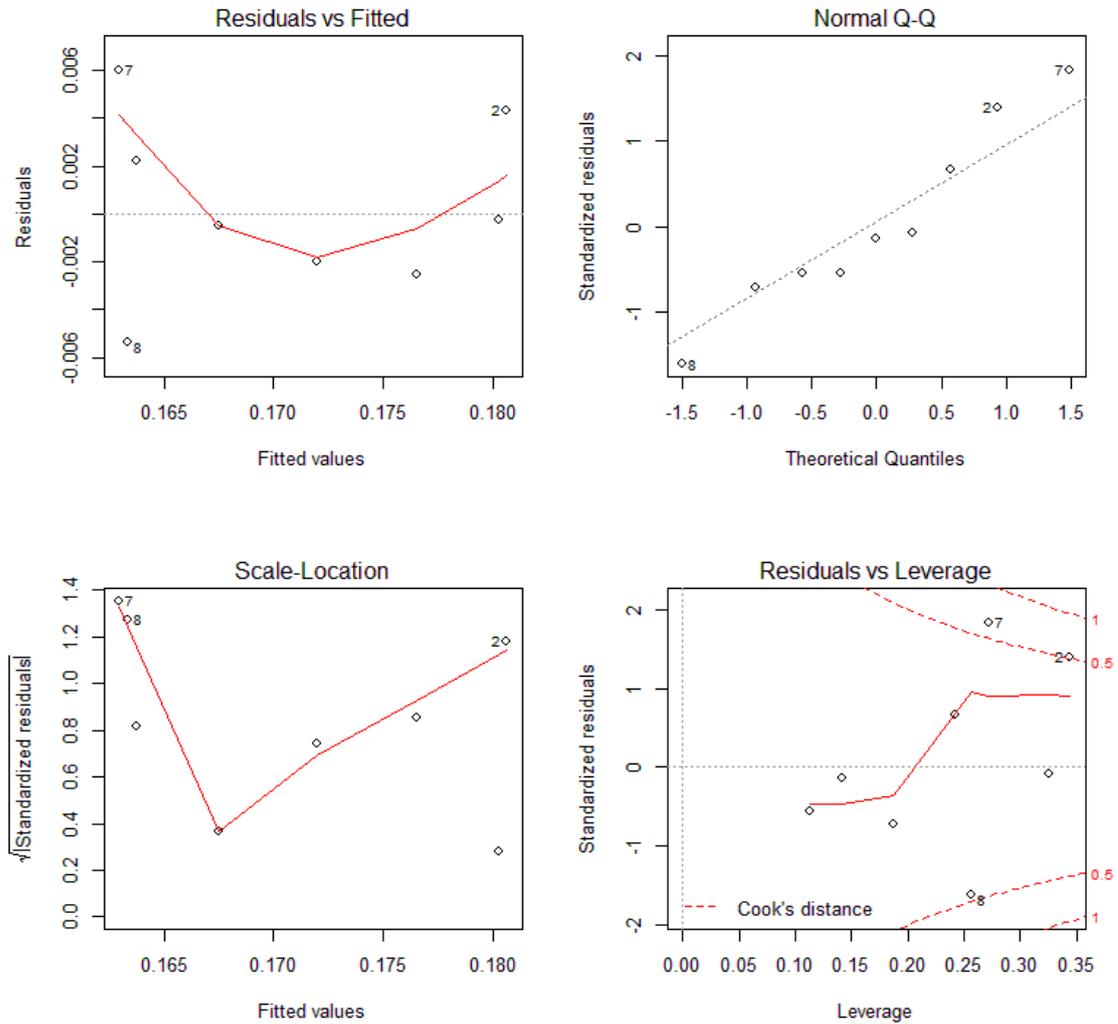


Рисунок 14 – Декомпозиция корреляционных плеяд функциональных показателей адаптации спортсменов-барьеристов при движении по этапам подготовки

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 адапционно-компенсаторные механизмы, а какие носят случайный или частный характер (не вписываются в модель) и не влияют на успешность реализации двигательного потенциала 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 PQ 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).

На примере параметра «метаболический эквивалент», имеющего достоверную взаимосвязь с показателями спортивной результативности по результатам корреляционного анализа, можно оценить расчетные (таблицы 13–14) и фактические (рисунок 15) значения полученной модели дисперсионного анализа.

Таблица 13 – Описательная статистика параметра «METs» по этапам системы спортивной подготовки

Ср. значение этапа	std	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	groups
4.81	0.22	4.58	5.03	4.49	5.13	4.65	4.81	4.96	a
6.23	0.36	6.006	6.45	5.72	6.74	5.89	6.23	6.57	b
11.04	0.49	10.81	11.26	10.50	11.58	10.52	11.04	11.56	c

Дескриптивные статистики дисперсии дифференцировали среднегрупповые значения в выборке разными буквенными обозначениями, следовательно, обнаружены статистически значимые отличия в средних значениях метаболического эквивалента по этапам системы тренировочно-соревновательной подготовки спортсменов-барьеристов.

Таблица 14 – Оценка частоты ложноположительных результатов дисперсионного анализа параметра «METs» по этапам спортивной подготовки с поправкой на эффект множественных сравнений

difference		p-value	LCL	UCL
0–1	-1.42	0***	-1.801665	-1.038335
0–2	-6.23	0***	-6.611665	-5.848335
1–2	-4.81	0***	-5.191665	-4.428335

Подтверждается значимая разность между этапами системы тренировочной и соревновательной подготовки спортсменов-барьеристов. Таким образом, нулевая гипотеза ( $H_0$ ) не подтвердилась, модель «этап подготовки» влияет, в данном случае, на функциональный показатель адаптации спортсменов-барьеристов к тренировочным и соревновательным факторам, в качестве которого рассматривался метаболический эквивалент.

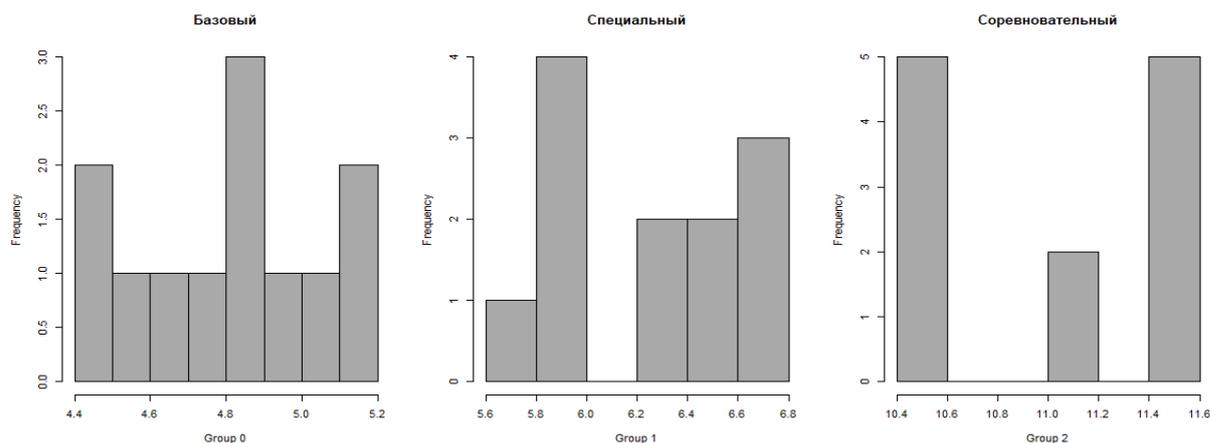


Рисунок 15 – Гистограмма дисперсии по показателю метаболического эквивалента на основных этапах подготовки спортсменов-барьеристов

В качестве обратного примера, выявленных при корреляционном анализе, показателей, которые взаимосвязаны со спортивной результативностью, но не характеризуют потенциальную закономерность в формировании модели функционального состояния спортсмена-барьериста на конкретном этапе подготовки, можно выделить спектральную мощность СКГ (рисунок 16).

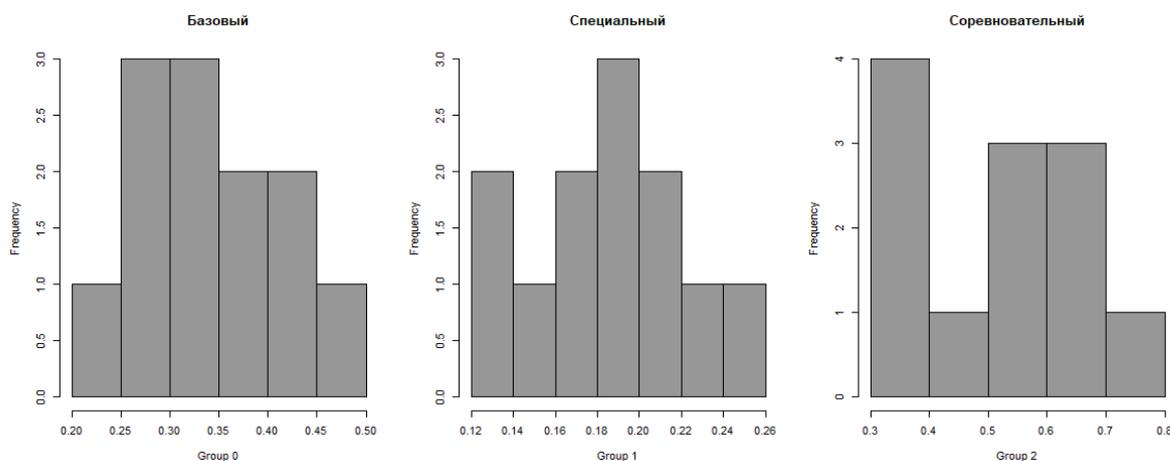


Рисунок 16 – Анализ дисперсии по показателю спектральной мощности статокнезиограммы на основных этапах подготовки спортсменов-барьеристов

Установленные статистически значимые корреляции между показателем спектральной мощности СКГ и КТЭ<sub>1</sub> на специальном этапе системы подготовки спортсменов-барьеристов на модели дисперсионного анализа с применением теста Тьюки показали нам высокую частоту ложноположительных результатов (таблица 15), что исключает адаптационно-компенсаторный характер выявленных изменений данного параметра относительно воздействующих форм физической нагрузки специальной фазы системы ТСП.

Таблица 15 – Оценка частоты ложноположительных результатов дисперсионного анализа параметра «Спектральная мощность СКГ» по этапам подготовки спортсменов-барьеристов с поправкой на эффект множественных сравнений

difference		p-value	LCL	UCL
0–1	0.13	0.7928	-0.3589825	0.6189825
0–2	-0.17	0.6738	-0.6589825	0.3189825
1–2	-0.30	0.3020	-0.7889825	0.1889825

Выявленные на основании дисперсионного анализа физиологические показатели готовности организма спортсмена-барьериста к эффективной реализации двигательного потенциала объясняют лишь частные аспекты функционального состояния организма при адаптации к специфической мышечной деятельности. Эффективная адаптация организма спортсмена-барьериста зависит также от множества других биологических характеристик, а также психологических и педагогических факторов. Тем не менее, нам удалось установить, характерные для каждого этапа подготовки, критериальные параметры оптимального функционального состояния организма, которые влияют на конечный спортивный результат в беге с барьерами и оценить силу воздействия каждого из них.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью настоящего исследования было выявление особенностей функционального состояния организма спортсменов-барьеристов при адаптации к специфической мышечной деятельности в динамике тренировочного процесса. Концепция работы основывалась на проблеме изучения физиологических механизмов адаптации спортсмена к специфическим факторам тренировочной среды, а также на проблеме научного обоснования системы биологического мониторинга за состоянием физиологических функций организма, реализующих специфическую двигательную деятельность в барьерном беге.

Наши исследования установили своеобразность возбудимости сердечного пульса высококвалифицированных барьеристов, которая заключалась в значительном повышении значений ЧСС в период соревнований по сравнению с этапами тренировочного периода. Аналогичные результаты были получены И.А. Кошбахтиевым и О.Л. Эрдоновым (2013) в работе «Реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательные и тренировочные нагрузки спортсменов по мини-футболу» [67].

Необходимость исследования активности метаболических процессов при реализации кратковременного соревновательного упражнения предельной или околопредельной интенсивности была обозначена в работе И.Ф. Таминовой (2009) [126]. В своей работе мы утвердили данное положение, опираясь на полученные данные о ремоделировании адаптационных механизмов эргометрических систем организма спортсменов-барьеристов под специфику воздействующих мышечных нагрузок в зоне анаэробно-алактатного энергообеспечения.

С.В. Седоченко с соавт. (2015) показано, что специализация в асимметричных видах спорта приводит к выработке стереотипичности в поддержании оперативной позы, приводящей к нерациональной активизации двигательных единиц и, как следствие, к снижению показателей статокинетической устойчивости и гипердиссимилиации в ведущих конечностях

[113]. Наши исследования физиологической организации постурального баланса спортсменов-барьеристов согласуются с данным положением в части неэкономичности энергозатрат двигательными единицами на балансировку на фоне стереотипичности моторной асимметрии, характерной для барьерного бега, но констатируют, что данная особенность не свидетельствует о нарушении физиологического механизма формирования статокINETической устойчивости.

Е.В. Коваленко (2016) обращает внимание на повышение статокINETической устойчивости спортсменов-единоборцев при адаптации к тренировочным нагрузкам, которое выражается в достоверном снижении коэффициента Ромберга и площади статекИнезиограммы в пробе с открытыми глазами [60], что согласуется с выводами настоящего исследования.

Мнения многочисленных авторов консолидируются в части необходимости изучения особенностей проявления скоростно-силовых возможностей двигательного аппарата спортсменов. Поэтому поэтапное проведение изокинетической полидинамометрии с целью оценки функциональной изменчивости биодинамических параметров ОДА спортсменов-барьеристов в рамках нашего исследования является своевременным.

Неоспоримо, что поиск путей повышения эффективности деятельности спортсмена сводится к вопросам изучения механизмов снижения напряжения и экономизации функций отдельных органов и систем, а в первую очередь это относится к двигательной системе [53]. Достижение совершенства адаптивных механизмов, обеспечивающих рациональное мышечное сокращение при реализации специфической двигательной деятельности в звеньях ОДА – 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 кортикальными структурами, и, в процессе формирования навыка оптимального преодоления барьерных блоков, накладываются одна на другую перешифровки

пространственно-кинематических представлений первичного проекта двигательных действий на фактическое их воплощение в биодинамике движения.

Как показано Т. Paillard (2012) угловые, вращательные характеристики ОДА и реципрокное соотношение мышечных групп выступают маркерами десинхронизации деятельности статокинетической системы спортсменов [169]. Эта взаимосвязь нашла свое подтверждение в настоящем исследовании при анализе биодинамических параметров ОДА и параллельной оценке физиологической организации пострурального баланса барьеристов высокой квалификации.

Заключительные положения нашего исследования подтверждают, что биомеханическая комбинация циклического спринтерского бега и ациклических элементов преодоления барьера в системе тренировочной и соревновательной подготовки формирует контролируемую смену положений тела у спортсменов, специализирующихся в барьерном беге. Формирование такого положения тела напрямую зависит от биокинематических и биодинамических характеристик двигательного стереотипа, и изменения которых, в итоге, влияют на скорость преодоления барьера, а, следовательно, и на спортивный результат в целом.

Результаты наших исследований коррелируют с данными других авторов на выборке тяжелоатлетов легкой весовой категории в отношении динамики показателей средней мощности [24]. Данные показатели так же предлагается рассматривать в качестве маркера процесса совершенствования двигательных возможностей, т.к. они отражают функциональное приложение силы и скорости скелетных мышц, реализующих соревновательные действия спортсменов.

В исследовании В.Б. Марьясис (2011) обозначена проблема функциональных нарушений подвижности позвоночника, которые неразрывно сопровождают тренировочный и соревновательный процесс спортсменов [76]. Автор доказательно раскрывает проблему практической ценности оценки функциональных показателей позвоночника спортсменов высокой квалификации

в параметрах, используемых традиционно в механике (меры длины, углы смещения и наклона).

Наши данные, полученные при механо-роботизированном исследовании выше обозначенных параметров, по тенденции увеличения физиологического изгиба в грудном отделе позвоночника совпадают с данными А.С. Бахаревой с соавт. (2015), полученными при функциональном исследовании высококвалифицированных лыжников-гонщиков [18]. Также, ранее, была показана зависимость развивающегося грудного кифоза у спортсменов с увеличением гипермобильности таза [112], что подтвердилось в заключительных положениях нашего исследования относительно базового и специального этапа системы тренировочно-соревновательной подготовки барьеристов. В соревновательный период нами выявлен адаптационно-компенсаторный механизм функциональной нормализации данных биокинематических показателей за счет увеличения поясничного лордоза.

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<sub>7</sub>–Th<sub>12</sub>) и поясничного (Th<sub>12</sub>–L<sub>5</sub>) отделов позвоночника.

3. Формирование двигательных навыков спортсменов-барьеристов сопровождается снижением влияния зрительного анализатора на статокинетическую устойчивость, стабилизацией отклонений статокинезиограммы и перераспределением функциональных осцилляций стабиллограмм 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 тонууса 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 статокINETической 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.

Таким образом, проведенная физиологическая оценка параметров функционального состояния организма спортсменов, специализирующихся в барьерном беге, при адаптации к специфической мышечной деятельности, позволила нам установить характерные приспособительные реакции, которые обусловлены биомеханическими факторами реализации двигательных действий и установить биологические показатели, которые определяют эффективность реализации двигательного потенциала.

**В перспективах дальнейшей разработки настоящей темы исследования** возможно: проектировать спортивно-педагогические технологий научно-обоснованной оценки функциональной подготовленности спортсменов-барьеристов; провести сравнительный анализ половозрастных особенностей адаптации при длительной двигательной специализации в барьерном беге; исследовать взаимосвязь между особенностями адаптации спортсменов-барьеристов к физическим нагрузкам и ведущим типом моторной латерализации.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

METs	– метаболический эквивалент
АнП	– анаэробный порог
БМТ	– безжировая масса тела
ВРМ	– вращающий момент (момент силы)
ДАД	– диастолическое артериальное давление
ДКР	– динамический компонент равновесия
ЖМТ	– жировая масса тела
ИМТ	– индекс массы тела
ИУ	– индекс устойчивости
КР	– коэффициент Ромберга
КС	– коленный сустав
КСВ	– коэффициент силовой выносливости
КТЭ	– коэффициент технической эффективности
ОВТ	– общая вода тела
ОДА	– опорно-двигательный аппарат
ОО	– основной обмен
ОЦД	– общий центр давления
ПС	– показатель стабильности
САД	– систолическое артериальное давление
СГ	– стабилограмма
СКГ	– статокинезиограмма
ТБС	– тазобедренный сустав
ТСП	– тренировочно-соревновательная подготовка
ФРС	– физическая работоспособность
ФСО	– функциональное состояние организма
ЦМТ	– центр масс тела

- ЧСС – частота сердечных сокращений  
ЭКГ – электрокардиография  
ЭОС – электрическая ось сердца

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абзалилов Р. Я. Постурологические характеристики юных представителей спортивного ориентирования в системе оценки и регуляции статокINETической устойчивости / Р. Я. Абзалилов, А. П. Исаев, В. В. Эрлих // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2016. – № 5. – С. 37–40.
2. Абзалов Р. А. Особенности развития быстроты движений у спортсменов различной спортивной подготовленности / Р. А. Абзалов, Р. Р. Абзалов, Н. И. Абзалов, А. М. Валеев, С. В. Абзалова // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 8. – С. 70–74.
3. Абрамова Т. Ф. Особенности поддержания вертикальной стойки у спортсменов различных специализаций / Т. Ф. Абрамова, В. В. Арьков, В. В. Иванов // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 4. – С. 64–69.
4. Агаджанян М. Г. Кардиологические показатели, отражающие долговременную и срочную адаптацию борцов к нагрузкам / М. Г. Агаджанян, Ф. Г. Бурякин // Теор. и практ. физкультуры. – 2002. – № 2. – С. 5–8.
5. Агаджанян Н.А. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н. А. Агаджанян // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 2–4.
6. Акилов М. В. Построение тренировочного процесса барьеристок в годичном цикле с учетом особенностей соревновательной деятельности / М. В. Акилов // Науч. атлетический вестн. – 1999. – Т. 1, № 2. – С. 52–59.
7. Аксельрод А. С. Оценка результатов нагрузочного тестирования: корректные ответы на основные вопросы / А. С. Аксельрод // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2009. – Т. 4, № 5. – С. 46–49.
8. Аминов А. С. Регуляция полифункциональной мобильности системы кровообращения у девочек 12–13 лет, проживающих в различных условиях, методом спектрального анализа / А. С. Аминов, А. В. Ненашева // Перспективные исследования в физической культуре, спорте и туризме : материалы

международной научно-практической конференции. Челябинск, 11–13 декабря 2014 г. – Челябинск, 2014. – С. 239–251.

9. Анисимова Е. А. Концептуальные основы повышения эффективности системы спортивной подготовки квалифицированных спортсменов / Е. А. Анисимова, Л. Д. Назаренко // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2016. – № 2. – С. 7–15.

10. Анохин П. К. Кибернетика и интегративная деятельность мозга / П. К. Анохин // Вопросы психологии: двенадцатый год издания. – 1966. – № 3. – С. 10–33.

11. Антонов А. А. Безнагрузочная оценка функционального состояния организма спортсменов / А. А. Антонов // Поликлиника. – 2013. – № 1. – С. 37–41.

12. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте: монография / И. В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 191 с.

13. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе : монография / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 221 с.

14. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья / Р. М. Баевский // Российский физиологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 473–487.

15. Балахничев В. В. Стиль барьериста / В. В. Балахничев // Легкая атлетика. – 1977. – № 12. – С. 7–8.

16. Балберова О. В. Целенаправленная профилизация спортсменов с использованием постгеномных технологий на основе генотипирования по определенным полиморфным локусам (обзор статей) / О. В. Балберова, Е. В. Быков // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2018. – № 2 (18). – С. 39–46.

17. Батыршина Г. Р. Оценка роли электропроводимости тела на состояние организма кикбоксеров высшей и высокой спортивной квалификации на основе биоимпедансного анализа / Г. Р. Батыршина, Ю. Н. Романов, Л. А. Романова //

Вестник ЮУрГУ. Сер: «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2013. – № 1. – С.171–173.

18. Бахарева А. С. Влияние физических нагрузок циклического характера на состояние позвоночного столба и функциональное состояние лыжников-гонщиков / А. С. Бахарева, А. С. Аминов, А. П. Мельник // Наука ЮУрГУ : материалы 67-й научной конференции. Челябинск, 14–17 апреля 2015 г. – Челябинск, 2015. – С. 1573–1577.

19. Белоцерковский З. Б. Гемодинамическая реакция при статических и динамических нагрузках у спортсменов / З. Б. Белоцерковский, Б. Г. Любина, Ю. А. Борисова // Физиология человека. – 2012. – Т. 28, № 5. – С. 89–94.

20. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов : монография / З. Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 318 с.

21. Бердическая Е. М. Функциональные асимметрии как фактор адаптации системы контроля вертикальной позы в спорте / Е. М. Бердическая, А. С. Гронская, И. Э. Хачатурова // Адаптация в спорте: состояние, перспективы, проблемы : материалы междунар. науч. конф. Санкт-Петербург, 24–25 сентября 2009 г. – СПб., 2009. – С. 54–55.

22. Бернштейн Н. А. Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой : монография / Н. А. Берштейн. – М.: Теория и практика физ. культуры, 1996. – 52 с.

23. Биоимпедансный анализ состава тела человека : монография / Д. В. Николаев, А. В. Смирнов, И. Г. Бобринская, С. Г. Руднев. – М.: Наука, 2009. – 392 с.

24. Биомеханические характеристики мышечной и постурологической регуляции тяжелоатлетов условной легкой весовой категории в базовом периоде подготовки / А. П. Исаев, В. В. Эрлих, А. В. Ненашева, Н. Е.Клещенкова, А. Р. А. М. Куку // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 76–93.

25. Биохимия мышечной деятельности : монография / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – М.: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.

26. Богдановская Н. В. Медико-биологический контроль за функциональным состоянием организма с использованием компьютерных технологий / Н. В. Богдановская, К. Ю. Бойченко, И. В. Богдановский // Здоровье для всех : материалы VII Международной научно–практической конференции. Пинск, 18–19 мая 2017 г. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – С. 226–229.

27. Болобан В. Н. Сенсомоторная координация как основа технической подготовки / В. Н. Болобан // Наука в олимп. спорте, 2015. – № 2. – С.73–80.

28. Боровикова Т. А. Особенности основных показателей состояния организма у спортсменов высокой квалификации с пролапсом митрального клапана : дис. ... канд. мед. наук / Т. А. Боровикова. – М., 2015. – 125 с.

29. Брейзер В. В. Об оптимальной взаимосвязи физической и технической подготовки спринтеров и бегунов на 110 метров с барьерами / В. В. Брейзер, Ю. А. Федяев // Проблемы современной системы подготовки высококвалифицированных спортсменов : сборник материалов научно-практической конференции. Москва, 11–12 мая 1974 г. – М., 1974. – С. 64–68.

30. Брейзер В. В. Динамика структуры подготовленности легкоатлетов-барьеристов в связи с управлением процессом их совершенствования (110 метров) : автореф. дис. ... канд. пед. наук / В. В. Брейзер. – М.: ВНИИФК, 1974. – 31 с.

31. Быков Е. В. Функциональное состояние спортсменов с различными показателями качества функции равновесия / Е. В. Быков, М. М. Кузиков, Н. Г. Зинурова, К. Г. Денисов // Вестник ЮУрГУ. сер. Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2012. – вып. 31 (280). – С. 22–25.

32. Васильев Г. Ф. Педагогическая модель спортивного рекорда / Г. Ф. Васильев // Теория и практика физ. культуры. – 2010. – № 3. – С. 62–64.

33. Васильева Л. Ф. Визуальная диагностика нарушений статики и динамики опорно-двигательного аппарата человека : монография / Л. Ф. Васильева. – Иваново: МИК, 1996. – 112 с.

34. Верхошанский Ю. В. Динамическая структура сложных двигательных действий / Ю. В. Верхошанский // Теория и практика физ. культуры. – 1966. – № 9. – С. 10–13.

35. Верхошанский Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов : монография / Ю. В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.

36. Волков С. Н. Физиологические критерии функционального состояния центральной, автономной нервной и сердечно-сосудистой систем в диагностике синдрома хронического снижения физической работоспособности у спортсменов / С. Н. Волков, Т. В. Бушуева, И. М. Салтанович // Лечеб. физкультура и спортив. медицина. – 2011. – № 5. – С.13–16.

37. Гавриш И. В. Проблемы дифференцированной оценки функционального состояния в спорте / И. В. Гавриш, Т. В. Гавриш // Современные методы организации тренировочного процесса, оценки функционального состояния и восстановления спортсменов : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Челябинск, 24–25 октября 2017 г. – Челябинск, 2017. – С. 52–55.

38. Германова Е. Г. Технология блочного (модульного) построения тренировочного процесса юных барьеристок 14–15 лет / Е. Г. Германова // Культура физическая и здоровье. – 2007. – № 1 (11). – С. 49–51.

39. Гланц С. Медико-биологическая статистика : монография / С. Гланц. – М.: Практика, 1999. – 334 с

40. Горбачев О. Ю. Методология медико-профессиональной реабилитации / О. Ю. Горбачев, В. Е. Кохан, Ф. П. Ступин // Клинические аспекты авиационной медицины. – М.: ГВМУ МО РФ, 7 ЦВКАГ, 2002. – С. 182 –184.

41. Грязных А. В. Влияние тестовой мышечной нагрузки на пост-прандиальный уровень ферментов в сыворотке крови спортсменов различных специализаций / А. В. Грязных // Вопросы питания. – 2014. – № 1. С. 20–26.

42. Давыдов В. Ю. Отбор и ориентация пловцов по показателям телосложения в системе многолетней подготовки (Теоретические и практические

аспекты) : монография / В. Ю. Давыдов, В. Б. Авдиенко. – Волгоград: ВГАФК, 2012. – 344 с.

43. Дембо А. Г. Влияние направленности тренировочного процесса на организм спортсмена : монография / А. Г. Дембо. – Л.: Ком. по физ. культуре и спорту при Совете Министров РСФСР, Гос. ордена Ленина и ордена Крас. Знамени ин-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта, 1978. – 48 с.

44. Дембо А. Г. Спортивная кардиология : руководство для врачей / А. Г. Дембо, Э. В. Земцовский. – Л.: Медицина. Ленингр.отд-ние, 1989. – 460 с.

45. Дубровская А. В. Средства профилактики травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата у спортсменов / А. В. Дубровская, В. И. Дубровский // Теория и практика физ. культуры : Тренер : журн. в журн. – 2007. – № 3. – С. 47–49.

46. Дубровская А. В. Оценка эффективности применения физических методов профилактики и лечения травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата у спортсменов : дис. ... канд. мед. наук / А. В. Дубровская. – Москва, 2007. – 130 с.

47. Зараковский Г. М. Диагностика функциональных состояний / Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен // Введение в эргономику. – 1974. – С. 94–110.

48. Захарьева Н. Н. Функциональные возможности высококвалифицированных спортсменок, занимающихся циклическими видами спорта, в различные фазы овариально-менструального цикла / Н. Н. Захарьева // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 7. – С. 42–45.

49. Ильин Е. П. Теория функциональной системы и психофизиологические состояния : монография / Е. П. Ильин. – М., 1978. – С. 325–346.

50. Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология : монография / Е. П. Ильин. – СПб: Питер, 2001. – 464 с.

51. Иорданская Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов при подготовке к Олимпийским играм

современности / Ф. А. Иорданская // Вестн. спортив. науки. – 2008. – № 4. – С. 70–79.

52. Исаев А. П. Адаптация специфических функциональных систем (СФС) спортсменов в процессе многолетнего спортивного совершенствования / А. П. Исаев, В. П. Широков, А. С. Комельков // Совершенствование подготовки спортсменов и развития массовой физической культуры: Материалы научно-практ. конференции. – Челябинск, 1989. – С. 99–102.

53. Исаев А. П. Спорт и среднегорье. Моделирование адаптивных состояний спортсменов : монография / А. П. Исаев, В. В. Эрлих. – Челябинск: ЮУрГУ, 2013. – 425 с.

54. Кадетова Н. В. Особенности учебно-тренировочного процесса в асимметричных видах спорта / Н. В. Кадетова // Perspective innovations in science, education, production and transport : сборник научных трудов. – Одесса: SWorld, 2014. – С. 58–59.

55. Калинина И. Н. Физиологические технологии повышения работоспособности в физической культуре и спорте : монография / И. Н. Калинина, С. Ю. Калинин. – Омск: Изд-во СибГУФК, – 2014. – 108 с.

56. Камскова Ю. Г. Физиологические основы механики мышечного сокращения : монография / Ю. Г. Камскова, А. П. Исаев, Н. Э. Мишаров. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2000. – 261 с.

57. Каширина Л. В. Основные проблемы в исследовании и оценке функциональных состояний / Л. В. Каширина // Проблемы инженерной психологии : сборник научных трудов. – Ленинград: ЛГУ, 1984. – С. 96–98.

58. Клестов В. В. Особенности показателей осанки детей, занимающихся спортом / В. В. Клестов, Л. М. Белозерова // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2012. – № 9 (105). – С. 14–17.

59. Ключевые значения морфометрии состава тела ориентировщиков высокой спортивной квалификации / А. П. Исаев, Э. Э. Маматов, А. В. Ненашева, Е. Ю. Савиных, Т. В. Потапова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2013. – № 2. – С. 33–35.

60. Коваленко Е. В. Особенности вегетативной регуляции и психомоторных функций организма высококвалифицированных спортсменов-единоборцев : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Коваленко. – Челябинск: ЮУрГГПУ, 2016. – 23 с.

61. Коган О. С. Характеристика адаптационных процессов спортсменов циклических видов спорта / О. С. Коган, В. В. Савельева // Актуальные вопросы спортивной медицины, проблемы олимпийского спорта : сборник научных трудов. – Уфа: БашИФК, 2008. – С. 76–81.

62. Козловский А. В. Оценка уровня скоростной и технической подготовленности барьеристов / А. В. Козловский, Е. А. Анисова // Проблемы совершенствования олимпийского движения, физической культуры и спорта в Сибири : сборник научных трудов. – Омск, 2003. – С. 89–90.

63. Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью : монография / А. П. Исаев, Е. В. Быков, А. Р. Сабирьянов, Р. У. Гаттаров, С. А. Кабанов, А. В. Шевцов, С. А. Личагина, А. С. Аминов, А. В. Ненашева, Е. С. Сабирьянова, М. Е. Быкова // под науч. ред. А. П. Исаева. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 268 с.

64. Колупаев В. А. Флуктуации показателей состояния кровообращения и иммунитета у спортсменов в цикле года / В. А. Колупаев, С. Л. Сашенков, И. И. Долгушин // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». – 2012. – № 8. – С. 173–174.

65. Комарова Н. А. Влияние физической нагрузки на состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности / Н. А. Комарова, А. И. Рогачев // Science Time. – 2015. – № 1 (13) – С. 223–227.

66. Корягина Ю. В. Физиологическая и физическая нагрузка (анализ инновационных исследований зарубежных лабораторий) / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин, К. Ю. Симонова // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017. – № 1 (139). – С. 48–52.

67. Кошбахтиев И. А. Реакция сердечно-сосудистой системы на соревновательные и тренировочные нагрузки спортсменов по мини-футболу / И. А. Кошбахтиев, О. Л. Эрдонов // Молодой ученый. – 2013. – № 7. – С. 451–454.

68. Курашвили В. А. Диагностика функционального состояния организма спортсменов / В. А. Курашвили // Вестник спортивных инноваций. – 2011. – № 30. – С. 8–15.

69. Курашвили В. А. Асимметрия мышечной системы у спортсменов / В. А. Курашвили // Вестник спортивных инноваций. – 2012. – № 33. – С. 9.

70. Ледовская О. А. Индивидуализация процесса технической подготовки юных барьеристов с учетом их антропометрических особенностей и посильности формируемого двигательного действия / О. А. Ледовская // Сибирский педагогический журнал. – 2008. – № 6. – С. 369–374.

71. Леонова А. Б. Структурно-интегративный подход к анализу функциональных состояний человека / А. Б. Леонова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. – 2007. – № 1. – С. 87–103.

72. Лоцилов В. Н. Способ оценки общей работоспособности человека / В. Н. Лоцилов // Теория и практика физ. культуры. – 2005. – № 4. – С. 17–19.

73. Львовская Е. И. Особенности свободнорадикального окисления липидов высококвалифицированных конькобежцев-спринтеров в различные периоды тренировочного цикла / Е. И. Львовская, Н. А. Буторина, Я. О. Унжаков // Человек. Спорт. Медицина. – 2015. – № 3. – С. 32–39.

74. Лысенко Е. Н. Ключевые направления оценки реализации функциональных возможностей спортсменов в процессе спортивной подготовки / Е. Н. Лысенко // Наука в олимпийском спорте. – 2015. – № 2. – С. 45–53.

75. Марищук В. Л. Перераспределение функциональных резервов в организме спортсмена как показатель стресса : монография / В. Л. Марищук. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – С. 72–87.

76. Марьясис В. Б. Эффективность воздействия элементов трехступенчатого массажа на показатель симметрии, подвижности, кривизны позвоночного столба

у спортсменов высокой квалификации / В. Б. Марьясис // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 3. – С. 31–36.

77. Мартиросов Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека : монография / Э. Г. Мартиросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.

78. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты / Л. П. Матвеев. – М.: Известия, 2001. – 333 с.

79. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры. Введение в предмет / Л. П. Матвеев. – 5-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2010. – 159 с.

80. Махпач А. В. К проблеме соотнесения динамических психических состояний и стабильных свойств личности / А. В. Махпач // Психологический журнал. – 1995. – № 3. – С. 35–44.

81. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 253 с.

82. Мехдиева К. Р. Функциональная готовность спортсменов высокой квалификации в игровых видах спорта / К. Р. Мехдиева, А. В. Захарова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17., № 4. – С. 5–13.

83. Мирзоев О. М. Индивидуальная соревновательная деятельность легкоатлетов России. Бег на короткие дистанции. Барьерный бег (по результатам 11 Чемпионата Мира по легкой атлетике в помещении) : метод. пособие / О. М. Мирзоев, В. М. Маслаков, Е. П. Врублевский. – М.: Федер. гос. учреждение «Центр спорт. подгот. сборных команд России» Росспорта, Всерос. федер. легкой атлетики ; Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма, 2006. – 75 с.

84. Мирзоев О. М. Критерии оценки технического и тактического мастерства легкоатлетов-спринтеров и барьеристов в условиях соревновательной деятельности / О. М. Мирзоев // Олимпийский бюллетень. – 2011. – № 12. – С. 179–184.

85. Мирзоев О. М. Психофизиологические и биохимические аспекты тренировочной и соревновательной деятельности легкоатлетов. Пути повышения спортивной работоспособности спринтеров и барьеристов : учеб.-метод. пособие /

О. М. Мирзоев, В. У. Аванесов, Е. П. Врублевский. – М.: Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма, 2007. – 125 с.

86. Мишин А. Н. Кинематическая структура некоторых движений фигуриста / А. Н. Мишин // Теория и практика физ. культуры. – 1971. – № 5. – С. 12–14.

87. Морозов А. П. Физическая реабилитация спринтеров и барьеристов после повреждения мышц задней поверхности бедра на этапе спортивной реабилитации / А. П. Морозов, И. В. Бенмансур // Совершенствование подготовки кадров в области физической культуры и спорта в условиях модернизации профессионального образования в России : материалы 8 научно-практической конференции. Москва, 1–3 апреля 2010 г. – М., 2010. – С. 101–103.

88. Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки : монография / Р. Мохан, М. Глессон, П. Л. Гринхафф. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 295 с.

89. Набиуллин Р. Р. Насосная функция сердца у спортсменов-туристов при выполнении мышечной нагрузки PWC<sub>170</sub> / Р. Р. Набиуллин, Р. А. Абзалов, И. Г. Хурамшин, А. И. Зиятдинова // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 3. – С. 129–132.

90. Назаренко А. С. Влияние вестибулярного раздражения на сердечно-сосудистую систему и двигательные функции в разных видах спорта : дис. ... канд. биол. наук / А. С. Назаренко. – Набережные Челны, 2010. – 145 с.

91. Октябрьская Е. В. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов по данным кардиоинтервалографии / Е. В. Октябрьская, А. А. Синицинский, А. Л. Томчук, Н. О. Азарова // Медицина. Спорт. Здоровье. Олимпиада. – 2004. – № 1. – С. 71–72.

92. Орджоникидзе З. Г. Особенности ЭКГ спортсмена / З. Г. Орджоникидзе, В. И. Павлов, А. Е. Дружинин, Ю. М. Иванова // Функциональная диагностика. – 2005. – № 4. – С. 65–74.

93. Павлов С. Е. Технология подготовки спортсменов : монография / С. Е. Павлов, Т. Н. Павлова. – МО, Щелково: Издатель Мархотин П. Ю., 2011. – 344 с.

94. Павлов С. Е. Теория и методика спорта – от консерватизма к деградации / С. Е. Павлов // Олимпийский бюллетень. – 2012. – № 13. – С. 206–212.

95. Павлов С. Е. Один из принципов формирования и работы функциональных систем спортивной деятельности / С. Е. Павлов, Т. Н. Павлова, А. С. Павлов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2015. – № 2. – С. 141–142.

96. Павлова В. И. Развитие координационных способностей юных тхэквондистов моделированием соревновательной деятельности / В. И. Павлова, М. С. Терзи, Д. А. Сарайкин // Вестник ЧГПУ. – 2013. – № 12. – С. 288–295.

97. Павлова В. И. Физиологические и психофизиологические особенности сенсомоторной адаптации у единоборцев разных квалификаций / В. И. Павлова, Д. А. Сарайкин, М. С. Терзи // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6. – С. 1412–1417.

98. Платонов В. Н. Адаптация в спорте / В. Н. Платонов. – Киев: Здоров'я, 1988. – 216 с.

99. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: общая теория и ее практические приложения / В. Н. Платонов. – К.: Олимп. л-ра, 2004. – 808 с.

100. Платонов В. Н. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов / В. Н. Платонов // Вестн. спортив. науки. – 2010. – № 2. – С. 8–14.

101. Повышение физической работоспособности легкоатлетов 14–15 лет в макроцикле тренировочного процесса / В. И. Павлова, С. С. Кислякова, Д. А. Сарайкин, Ю. Г. Камскова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Образование, здравоохранение, физическая культура. – Челябинск, 2015. – Т. 15, № 4. – С. 74–79.

102. Полосин А. Секрет быстрого финиша: Барьерный бег на 110 м / А. Полосин // Легкая атлетика. – 2001. – № 6. – С. 26–27.

103. Прокопьев Н. Я. Физиологические подходы к оценке функциональных нагрузочных проб в спорте / Н. Я. Прокопьев, Е. Т. Колунин, М. Н. Гуртовая, Д. И. Митасов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 2. – С. 146–150.

104. Ратов И. П. Концепция «искусственная управляющая среда», ее основные положения и перспективы использования / И. П. Ратов // Научные труды 1995 года. – М.: ВНИИФК, 1996. – Т.1. – С.129–148.

105. Романов Ю. Н. Особенности долговременной адаптации кикбоксеров в системе интегральной подготовки : дис. ... д-ра биол. наук / Ю. Н. Романов. – Челябинск: ЮУрГГПУ, 2014. – 268 с.

106. Романов Ю. Н. Исследование показателей баллистограммы и спектрального анализа кикбоксеров при компьютерной стабилometрии / Ю. Н. Романов, Л. А. Романова, Г. Р. Батыршина // Человек. Спорт. Медицина. – 2012. – № 28. – С.44–47.

107. Рубин В. С. Барьерный бег. Модель подготовки к соревнованиям / В. С. Рубин, Г. Ивкин // Легкая атлетика. – 1983. – № 7. – С. 14–15.

108. Рубин В. С. Использование функции распределения нагрузок для анализа тренировочного процесса барьеристов / В. С. Рубин, И. С. Ильин // Теория и практика физ. культуры. – 1978. – № 3. – С. 13–16.

109. Руководство по кардиологии : Том первый. Физиология и патофизиология сердечно-сосудистой системы / под ред. Е. И. Чазова. – М.: «Практика», 2014. – 395 с.

110. Румянцева Э. Р. Взаимосвязи между гормональной и иммунной системами при долговременной адаптации организма женщин к скоростно-силовым воздействиям в тяжелой атлетике (системно-синергетический и функциональный подходы) : дис. ... д-ра биол. наук / Э. Р. Румянцева. – Челябинск: ЧГПУ, 2005. – 321 с.

111. Русалов В. М. Темперамент в структуре индивидуальности человека. Дифференциально-психофизиологические и психологические исследования : монография / В. М. Русалов. – М.: Институт психологии РАН, 2012. – 528 с.

112. Рябина К. Е. Взаимосвязь постурологических характеристик у лыжников-гонщиков в системе подготовки / К. Е. Рябина, В. В. Епишев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Т. 14, № 4 – С. 68–72.

113. Седоченко С. В. Влияние вида спорта на особенности функциональных мышечных асимметрий у фехтовальщиков и теннисистов / Г. Н. Германов, И. А. Сабирова // Ученые записки университета Лесгафта. – 2015. – № 2 (120). – С. 139–144.

114. Селуянов В. Н. Подготовка бегуна на средние дистанции / В. Н. Селуянов. – М: ТВТ Дивизион, 2007. – 111 с.

115. Слива С. С. Отечественная компьютерная стабиллография: технический уровень, функциональные возможности и области применения / С. С. Слива // Медицинская техника. – 2005. – № 1. – С. 32–36.

116. Смоленский А. В. Основные направления развития современной спортивной медицины / А. В. Смоленский // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 3. – С. 51–58.

117. Сосновикова Ю. Е. Психические состояния человека, их классификация и диагностика : монография / Ю. Е. Сосновикова. – Горький: ГГПИ, 1975. – 119 с.

118. Солодков А. С. Особенности утомления и восстановления спортсменов / А. С. Солодков // Ученые записки университета Лесгафта. – 2013. – № 6 (100). – С. 131–143.

119. Степанова М. И. Барьерный бег на 400 метров: На дистанции – женщины : монография / М. И. Степанова. – М.: Олимпия пресс: Терра-спорт, 2002. – 174 с.

120. Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года. – 2009. – СПС «Консультант».

121. Стрелец В. Г. Теория и практика управления вестибулярными реакциями человека в спорте и профессиональной деятельности : монография / В. Г. Стрелец, А. А. Горелов. – СПб., 1995. – 150 с.

122. Строение и спорт : монография / П. Н. Башкиров, Н. Ю. Лутовинова, М. И. Уткина, В. П. Чтецов. – М.: Изд-во МГУ, 1968. – 236 с.

123. Сиваков В. И. Причина нестабильного выступления биатлонисток в соревнованиях / В. И. Сиваков, Д. В. Сиваков, Ю. Г. Камскова, Т. А. Михайлова // Теория и практика физ. культуры. – 2010. – № 9. – С. 66–69.

124. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений : монография / Д. В. Скворцов. – М.: НМФ МБН, 1996. – 343 с.

125. Терзи М.С. Молекулярно-генетическая детерминация функциональной работоспособности единоборцев разных квалификаций. Психофизиологические детерминанты спортивного мастерства единоборцев / М. С. Терзи, Е. В. Леконцев, Д. А. Сарайкин, В. И. Павлова, Ю. Г. Камскова // Теория и практика физической культуры. – М., 2016. – № 7. – С. 21–24.

126. Таминова И. Ф. Особенности сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности у спортсменов высокой квалификации с разной спецификой видов спорта // Сибирское мед. обозрение. – 2009. – Т. 55, № 1. С. 73–77.

127. Трунина С. Г. Перетренированность у спортсменов – проявление, лечение, меры профилактики / С. Г. Трунина // Вестник КазНМУ. – 2012. – № 1. – С. 447 – 449.

128. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 506 с.

129. Физиологические, биомеханические, молекулярно-клеточные и теоретико-методические особенности проектирования успешной спортивной деятельности в видах спорта, развивающих выносливость / А. П. Исаев, В. В. Эрлих, В. В. Епишев, Ю. Б. Хусаинова // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 4. – С. 18–20.

130. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов / И. Н. Солопов, Е. П. Горбанева, В. В. Чемов, А. А. Шамардин, Д. В. Медведев, А. Г. Камчатников. – Волгоград: ВГАФК, 2010. – 351 с.

131. Фомин Н. А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы : монография / Н. А. Фомин. – М. : Теория и практика физ. культуры – 2003. – 383 с.

132. Харитонов Л. Г. Комплексный контроль тренировочного процесса конькобежцев высокой квалификации / Л. Г. Харитонов, И. А. Кузнецова, О. Ю. Степанова // Медицина и спорт. – 2006. – № 5. – С.16–18.

133. Харитонов Л. Г. Новая технология диагностики функциональной подготовленности спортсменов / Л. Г. Харитонов // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. – 2013. – Т.1, № 1. – С. 130–134.

134. Харитонов Л. Г. Медико-биологический контроль в спорте на этапе спортивного совершенствования / Л. Г. Харитонов, И. А. Кузнецова // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 3. – С. 8–10.

135. Черняев А. А. Использование комплекса восстановительных средств для функционального состояния опорно-двигательного аппарата барьеристок в тренировочном мезоцикле / А. А. Черняев // Теория и практика физ. культуры. – 2009. – № 11. – С. 33–38.

136. Чирков В. И. Психические состояния и мотивация / В.И. Чирков // Проблемы индустриальной психологии : сборник научных трудов. – М.: Институт психологии АН СССР. – 1989. – С. 20–31.

137. Шалманов А. Оперативный и текущий биомеханический контроль в спорте (проблемы и пути решения) / А. Шалманов, В. Скотников, Я. Ланка // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 4. – С. 40–45.

138. Шестаков М. П. Исследование координационной структуры спортсменов в видах спорта с асимметричным выполнением движения / М. П. Шестаков, Е. Шелудько, А. В. Абалян, Т. Г. Фомиченко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 9. – С. 176–178.

139. Шибкова Д. З. Актуальные проблемы психофизиологии, исследуемые учеными Уральского региона / Д. З. Шибкова // Вестник психофизиологии. – 2013. – № 3. – С. 6–7.

140. Шинкарук О. А. Отбор спортсменов и ориентация их подготовки в процессе многолетнего совершенствования : на материале олимп. видов спорта / О. А. Шинкарук. – Киев: Олимп. лит., 2011. – 359 с.

141. Эрлих В. В. Особенности сезонных биоритмов функционального состояния и спортивной результативности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции / В. В. Эрлих, А. П. Исаев // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 6. – С. 98–99.

142. Эрлих В. В. Влияние тренировочных воздействий мезоцикла (октябрь) при дисперсионном анализе стабилметрических показателей лыжников-гонщиков высокой квалификации / В. В. Эрлих, В. В. Епишев, А. П. Исаев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – Челябинск, Изд. Центр ЮурГУ, 2014. – Т. 14, № 3. – С. 68–75.

143. Якимович В. С. Тренировочная нагрузка и ее ключевые характеристики // Современные стратегии развития легкоатлетического спорта в России : сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. Волгоград, 19–20 октября 2017 г. – Волгоград, 2017. – С. 17–20.

144. A nine-test screening battery for athletes: a reliability study / A. Frohm, A. Heijne, J. Kowalski, P. Svensson, G. Myklebust // Scand J Med Sci Sports. – 2012. – № 22 (3). – P. 306–315.

145. A resting state functional magnetic resonance imaging study of concussion in collegiate athletes / S. M. Czerniak, E. M. Sikoglu, A. A. Liso Navarro, J. McCafferty, J. Eisenstock, J. H. Stevenson, J. A. King, C. M. Moore // Brain Imaging Behav. – 2015. – № 9(2). – P. 323–332.

146. Bizzo G. Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry / G. Bizzo, M. Guillet, A. Patat // Med. & Biol. Eng. & Comput. 1985. – № 23. – P. 474–476.

147. Dijkstra H. P. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model / H. P. Dijkstra, N. Pollock, R. Chakraverty, J. M. Alonso // *Br J Sports Med.* – 2014. – № 48. – P. 523–531.

148. Eckner J. T. Stability of an ERP-based measure of brain network activation (BNA) in athletes: A new electrophysiological assessment tool for concussion / J. T. Eckner, A. Rettmann, N. Narisetty, J. Greer et al // *Brain Injury.* – 2016. – Vol. 1, № 7. – P. 1075–1081.

149. Ekstrand J. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study / M. Hägglund, M. Waldén // *British Journal of Sports Medicine.* – 2011. – № 45. – P. 553–558.

150. Effect of methods of teaching hurdling on changes in functional asymmetry of legs / J. Iskra, J. Gasilewski, J. Hyjek, A. Walaszczyk // *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences.* – 2013. – № 23. – P. 27–37.

151. Ghosh A. K. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport / A. K. Ghosh // *Malaysian Journal of Medical Sciences.* – 2004. – Vol. 11, № 1. – P. 24–36.

152. Gribble P. A. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control / P. A. Gribble, J. Hertel // *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* – 2004. – Vol. 85. – P. 589–592.

153. Gu J. Discuss teaching model of quality teaching about hurdle teaching which is major in track & field of physical education / J. Gu, J. Xu, L. Tu // *Journal of Suzhou University.* – 2007. – Vol. 2. – P. 92–94.

154. Hyjek J. Czynniki determinujące rytm w biegu przez płotki u osób o różnym poziomie zaawansowania sportowego / J. Hyjek // *Katowice : AWF.* – 2013. – 46 p.

155. Iskra J. Athlete typology and training strategy in the 400m Hurdles / J. Iskra // *New Studies in Athletics.* – 2012. – Vol. 27: (1/2). – P. 27–37.

156. Iskra J. Morphological and functional conditions of a result in hurdling runs liv Polish / J. Iskra // *Katowice : AWF.* – 2001. – 164 p.

157. Iskra J. Scientific research in hurdle races / J. Iskra // *Katowice : AWF.* – 2012. – 131 p.

158. Jarver J. The hurdles. Contemporary, theory, technique and training / J. Jarver // Mountain View, CA: Tafnews Press, 1997. – 127 p.

159. Jordy C. F. Lateral dominance in 182 children. The antimeres, the praxis, the structure-performance relation / C. F. Jordy // Arg. Neuropsiquiatr. – 1995. – Vol. 53, № 3-B. – P. 631–638.

160. Jürimäe J. Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review / J. Jürimäe, J. Mäestu, T. Jürimäe, B. Mangus et al // Metabolism – Clinical and Experimental. – 2011. – Vol. 60, № 3. – P. 335–350.

161. Hootman J. M. Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports / J. M. Hootman, R. Dick, J. Agel // Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives J Athl Train. – 2007. – Vol. 42, № 2. – P. 311–319.

162. Kenney W. L. Physiology of sport and exercise / W. L. Kenney, J. H. Wilmore, D. L. Costill. – Human Kinetics; 6th ed. edition, 2015. – 648 p.

163. Li Y. Experimental research on application of multifeedback approach in hurdle teaching for college sports majors / Y. Li, J. Mao // Journal of Wuchan Institute of Physical Education. – 2006. – Vol. 2. – P. 99–102.

164. Maron B. J. The Heart of Trained Athletes: Cardiac Remodeling and the Risks of Sports, Including Sudden Death / B. J. Maron, A. Pelliccia // Circulation. – 2006. – Vol. 114. – P. 1633–1644.

165. McDonald C. Linear kinematics of the men's and woman's hurdles races / C. McDonald, J. Dapena // Medicine and Science in Sports Exercise. – 1991. – № 23(12). – P. 1382–1402.

166. Mendes Jr. J. J. A. Sensor fusion and smart sensor in sports and biomedical applications / J. J. A. Mendes Jr., M. E. M. Vieira, M. B. Pires, S. L. Stevan Jr. // Sensors. – 2016. – № 16 (10). – 1569.

167. Mohammadi-Rad S. Dual-tasking effects on dynamic postural stability in athletes with and without anterior cruciate ligament reconstruction / M. Salavati, I. Ebrahimi-Takamjani, B. Akhbari, S. Sherafat et al // Journal of sport rehabilitation. – 2016. – Vol. 25, № 4. – P. 324–329.

168. Mishchenko V. S. The reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to strenuous physical exercise in sport / V. S. Mishchenko E. N. Lysenko, V. E. Vinogradov. – Kiev: Scientific World. – 2007. – 351 p.

169. Paillard T. Effects of general and local fatigue on postural control: A Review / T. Paillard // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2012. – Vol. 36. – P. 162–176.

170. Psychophysiological determinants of successful training and competitive activity of martial artists / V. I. Pavlova, D. A. Saraykin, Yu. G. Kamskova, N. A. Belousova, Ya. V. Latyushin, A. A. Semchenko // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, № 10. – P. 1792–1796.

171. Sanfi Lippo J. L. Hamstring strength and morphology progression after return to sport from injury / J. L. Sanfi Lippo, A. Slider, M. A. Sherry, M. J. Tuite, B. C. Heiderscheit // *Med Sci sports Exerc*. – 2013. – № 45(3). – P. 448–453.

172. Saw A.E. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review / A. E. Saw, L. C. Main, P. B. Gastin // *Br J Sports Med*. – 2016. – № 50. – P. 281–291.

173. Schmit J. M. Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes / J. M. Schmit, D. I. Regis, M. A. Riley // *Experimental Brain Research*. – 2005. – Vol. 163, № 3. – P. 370–378.

174. 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. – Is. 6. – P. 26–28.

175. 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

176. Serrano J. The importance of sports performance factors and training contents from the perspective of futsal coaches / J. Serrano, S. Shahidian, J. Sampaio, N. Leite // *Journal of Human Kinetics*. – 2013. – Vol. 38. – P. 151–160.

177. Sugimoto D. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a critical review of relative risk reduction and numbers-needed-to-treat analyses / D. Sugimoto, G. D. Myer, J. M. McKeon, T. E. Hewett // *Br J Sports Med.* – <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2011-090895>. (published online first: 28 June 2012).

178. Toth M. J. Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues / M. J. Toth, T. Beckett, E. T. Poehlman // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1999. – Vol. 31. – P. 590–596.

179. Trembach A. B. Posture stability perfection and spectrum EEG mapping changes during gymnastics training in girls 4–7 years / A. B. Trembach, S. S. Sliva, E. L. Kurochkina // *J. Gait and Posture.* – 2005. – Vol. 21. – P. 14–17.

180. Turner C. H. Site-specific skeletal effects of exercise: importance of interstitial fluid pressure / C. H. Turner // *Bone.* – 1999. – 24(3). – P. 161–162.

181. White T. L. Essentials of hurdling / T. L. White // *Athletic Journal.* – 1980. – Vol. 60. – P. 36–41.

182. Wilmore J. H. Body composition in sport and exercise: Directions for future research / J. H. Wilmore // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1983. – Vol. 15. – P. 21–31.

183. Wilmore J.H. Alterations in body weight and composition consequent to 20 wk of endurance training: The HERITAGE Family Study / J. H. Wilmore, J. P. Després, P. R. Stanforth, S. Mandel et al // *Am J Clin Nutr.* – 1999. – № 70. – P. 346–352.

184. Wilmore J. H. Physical energy: fuel metabolism / J. H. Wilmore, D. L. Costill // *Nutr Rev.* – 2001. – Vol. 59 (1Pt2). – P. 13–16.

185. Witzke K. A. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls / K. A. Witzke, C. M. Snow // *Medicine and Science in Sports and Exercise.* – 2000. – 32 (6). – P. 1051–1057.

186. Zar J. H. Biostatistical analysis / J. H. Zar. – Prentice Hall, 2010. – 944 p.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А****Стандартные коэффициенты корреляции**

Таблица А.1 – Стандартные коэффициенты корреляции, которые считаются достоверными (по Л.С. Каминскому)

Число степеней свободы – 2	Уровень вероятности р (%)		
	95%	98%	99%
1	0,997	0,999	0,999
2	0,950	0,980	0,990
3	0,878	0,934	0,959
4	0,811	0,882	0,917
5	0,754	0,833	0,874
6	0,707	0,789	0,834
7	0,666	0,750	0,798
8	0,632	0,716	0,765
9	0,602	0,685	0,735
10	0,576	0,658	0,708
11	0,553	0,634	0,684
12	0,532	0,612	0,661
13	0,514	0,592	0,641
14	0,497	0,574	0,623
15	0,482	0,558	0,606
16	0,468	0,542	0,590
17	0,456	0,528	0,575
18	0,444	0,516	0,561
19	0,433	0,503	0,549
20	0,423	0,492	0,537
25	0,381	0,445	0,487
30	0,349	0,409	0,449

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Должные значения длительности электрической систолы сердца у спортсменов

Таблица Б.1 – Должные значения длительности электрической систолы сердца у спортсменов

ЧСС	Женщины			Мужчины		
	-2SX	X	+2SX	-2SX	X	+2SX
50	377	415	461	367	402	443
55	363	399	442	354	387	425
60	351	385	425	342	373	410
65	340	373	410	331	361	396
70	331	362	397	322	350	383
75	322	352	385	313	340	372
80	314	343	374	305	332	362
85	306	334	364	298	323	352
90	300	326	355	291	316	344
95	293	319	346	285	309	336
100	288	313	338	279	302	328
105	282	307	331	274	296	321
110	277	301	324	269	291	315
115	272	295	318	264	286	309
120	268	290	312	260	281	303
125	263	286	306	256	276	298
130	259	281	301	252	272	293
135	256	277	296	248	267	288
140	252	273	291	245	263	284
145	249	269	287	241	260	279
150	245	265	282	238	256	275
155	242	262	278	235	253	271
160	239	258	274	232	249	268
165	236	255	271	229	246	264
170	234	252	267	227	243	261
175	231	249	264	224	240	257
180	228	246	260	222	238	254
185	226	243	257	219	235	251
190	224	241	254	217	232	248
195	221	238	251	215	230	246