

На правах рукописи



ТЕРЕХОВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ВНЕТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОТЕНЦИРОВАНИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ**

1.5.5 – Физиология человека и животных

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Смоленск, 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Смоленский государственный университет спорта»

Научный консультант: доктор биологических наук, профессор
Литвин Федор Борисович

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека Медицинского института ФГАОУ «Российский университет дружбы народов»

Козлов Валентин Иванович

доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «Волгоградская государственная академия физической культуры»

Сентябрев Николай Николаевич

доктор биологических наук, профессор, и.о. директора Института возрастной физиологии Российской академии образования, директор НИИ спорта и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»

Левушкин Сергей Петрович

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург» Министерства спорта Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «16» марта 2023 года в 11⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета Д 24.1.179.01 при ФГБНУ «НИИНФ им. П.К. Анохина» по адресу: 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, стр. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина» и на сайте <http://nphys.ru/>. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба направлять по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8.

Автореферат разослан « ____ » декабря 2021 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
доктор медицинских наук



Абрамова А.Ю.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Подготовка атлетов для участия в соревнованиях различного уровня, включая Олимпийские игры в короткие сроки является социально значимой проблемой современного спорта. Как отмечается в национальной программе «Демография» федерального проекта «Спорт - норма жизни», одной из важнейших задач развития и управления системой занятий физической культурой и спортом в России является исследовательская работа по разработке научно-обоснованных подходов, концептуальных моделей по совершенствованию действующих и внедрению новых методик организации спортивного резерва. Следует отметить, что в настоящее время программы совершенствования атлетов во многом ориентированы на применение предельных по интенсивности и объему тренировочных нагрузок без комплексного учёта текущего функционального состояния, «лимитов» естественных адаптационных резервов. Такой подход нередко приводит к перетренированности, дезадаптации, внезапной сердечной смерти, развитию патологических состояний и преждевременному завершению карьеры (Макарова Г.А., 2014; Perkins S.E., 2017; Бадтиева В.А., 2018; Dennis M., 2018; Flannery M.D., 2018; Drezner J.A., 2019; Redondo B., 2019; Гаврилова Е.А., 2021).

Актуализируется разработка новых научных технологий, обеспечивающих повышение функциональных возможностей организма, ускорение процессов восстановления. Престижность и коммерциализация спорта ориентированы на внедрение современных достижений спортивной фармакологии: активно внедряются фармпрепараты и БАД: аминокислоты, витамины, анаболизаторы, энергизаторы, гепатопротекторы, иммуномодуляторы, а также их комбинации (Каркищенко Н.Н., 2014, Уйба В.В., 2014; Каркищенко В.Н., 2017; Ачкасов Е.Е., 2018; Заходякина К.Ю., 2019).

Тренировки в современном спорте рекомендовано сочетать с легальными приёмами и методами активации скрытых резервов организма, что в конечном итоге может обеспечить достижение результатов рекордного уровня. Отдельные аспекты этой комплексной проблемы изучены достаточно подробно. В частности, проанализированы различные причины утомления, аналитические подходы к выбору средств, ускоряющих восстановительные процессы после физических нагрузок, выявлена эффективность применения отдельных стимуляторов после выполнения тренировочного воздействия (Бердичевская Е.М., 2020; Гаврилова Е.А., 2020; Козлов В.И., 2020; Никитюк Д.Б., 2020; Прохода И.А., 2020; Сентябрьев Н.Н., 2020; Тутельян В.А., 2020). К их числу относятся современные физиотерапевтические средства: магнито-, ингаляционно- и термовоздействия, электрофорез, ультразвук (Зубовский Д.К., 2017; Зубовская Т.М., 2017; Чуян Е.Н., 2019; Сидоренко Г.Н., 2020 и др.). Значительное место в потенцировании физической работоспособности принадлежит и низкоинтенсивному

лазерному излучению (НИЛИ) (Скобелкин О.К., 2002; Павлов С.Е., 2017; Карандашов В.И., 2018; Улащик В.С., 2018; Брук Т.М., 1999-2022; Козлов В.И., 2020; Терехов П.А., 2021).

Однако несмотря на значительный интерес к исследованию физиологических механизмов, лежащих в основе повышения специальной работоспособности атлетов, многие вопросы в этой области не решены. Остаются малоизученными такие аспекты проблемы, как индивидуальные особенности регуляции ведущих физиологических систем организма спортсмена, текущее функциональное состояние в динамике тренировочного процесса при синергичном применении биодобавок и низкоинтенсивного лазерного излучения, экспериментальный опыт технологий их применения. Практически отсутствуют сведения о специфике изменений вегетативного обеспечения спортивной деятельности и физиологической цены достигнутого результата при физических нагрузках различной направленности, в условиях комплексного воздействия ряда внутренировочных средств. Недостаточно изучен вопрос о роли индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции висцеральных функций атлетов для формирования дифференцированного подхода в оценке их функционального состояния.

Отрывочны и фрагментарны данные о сохранности отставленного эффекта воздействия комплекса современных внутренировочных средств потенцирования физической работоспособности на функциональное состояние организма спортсменов. Настоящая работа является актуальной в решении этого ряда вопросов.

Цель и задачи исследования

Целью исследования явилось разработать и физиологически обосновать технологию комплексного применения внутренировочных средств для потенцирования физической работоспособности на фоне регулярного тренировочного процесса у спортсменов - легкоатлетов на основе дифференцированного подхода с учётом типологических особенностей вегетативной регуляции сердечной деятельности и текущего функционального состояния.

В соответствии с поставленной целью, конкретными задачами работы были:

1. Разработать концепцию комплексного применения внутренировочных средств, на основе мультисистемного подхода и оригинальной структурно-логической модели изучить физиологические механизмы потенцирования физической работоспособности спортсменов.

2. Изучить особенности кардиоваскулярной системы, её микроциркуляторного звена, биоэнергетического потенциала головного мозга и на основе типологизации вегетативной регуляции сердечной деятельности обосновать дифференцированный подход в оценке функционального состояния организма атлетов в покое и при выполнении физических нагрузок.

3. Оценить влияние эргогенных и физических средств потенцирования физической работоспособности на функциональное состояние организма спринтеров с различными типами

вегетативной регуляции сердечного ритма.

4. Провести корреляционный анализ функционального состояния и физической работоспособности спортсменов с различными типами вегетативной регуляции сердечного ритма, выявить наиболее информативные маркеры для практики спорта и оценить их прогностическое значение в подготовке атлетов в беге на короткие дистанции при применении изученных внутренировочных средств.

5. Оценить вегетативное обеспечение спортивной деятельности организма спринтеров и физиологическую цену достигнутого результата при физических нагрузках в условиях комплексного применения биодобавок и НИЛИ.

6. Выявить отставленный эффект воздействия оригинального комплекса внутренировочных средств потенцирования физической работоспособности на функциональное состояние организма спортсменов.

Научная новизна работы

На основании проведенных исследований разработана новая научная идея, обогащающая представления о системной регуляции физиологических функций у спортсменов в динамике тренировочного процесса. Предложена научная гипотеза о том, что разработанная структурно-логическая модель оценки эффективности применения оригинального комплекса средств потенцирования физической работоспособности с учетом типов вегетативной регуляции сердечного ритма позволяет выявлять специфику системной интеграции физиологических механизмов реализации эффектов внутренировочных средств на фоне регулярных тренировок в индикаторах общей и специальной работоспособности спортсменов, а также ее физиологического обеспечения, что дает возможность персонифицировать тренировочный процесс.

Установлено, что после выполнения нагрузок преимущественно анаэробного типа, наибольшие изменения основных показателей центральной нервной системы, системной гемодинамики, микроциркуляции произошли у атлетов с исходным доминированием симпатического отдела вегетативной нервной системы, а при аэробном тестировании - у легкоатлетов с исходным преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции. Получены приоритетные данные об особенностях перестройки физической работоспособности и спортивных результатов легкоатлетов в динамике тренировочного цикла и курса нутритивно-метаболической поддержки с НИЛИ в комплексе анализируемых показателей организма спринтеров, с учётом выделенных типов вегетативной регуляции.

Научно-практическая значимость работы. Полученные в ходе выполненного исследования результаты могут применяться как в научно-исследовательской работе, так и в спортивной практике. Теоретическое значение работы определяется расширением знаний о физиологических механизмах реализации и совершенствования физической

работоспособности и спортивных результатов у атлетов в динамике тренировочного цикла. Представлены новые доказательства, указывающие на роль оригинального комплекса биодобавок и НИЛИ в системной организации физиологических функций и нейровегетативной регуляции организма при физических нагрузках различной направленности. Выявлены специфические взаимосвязи между функциональным состоянием, физической работоспособностью и спортивным результатом легкоатлетов-спринтеров с учётом типов вегетативной регуляции сердечного ритма, которые позволили выделить наиболее важные индикаторы для практики спорта и оценить их значение в подготовке атлетов в беге на короткие дистанции при применении изученных внутренировочных средств. Установлено, что отставленный эффект комплексного применения биодобавок и НИЛИ сохраняется через 30 дней после завершения их использования, что характерно в большей степени для системы микроциркуляции крови и механизмов управления сердечным ритмом.

Результаты выполненной экспериментальной работы, включающие комплексный анализ изменений показателей аэробной и анаэробной работоспособности и ее физиологического обеспечения в индикаторах метаболизма, состояния нервной системы, вегетативной регуляции, системной и микрогемодинамики в динамике тренировочного цикла, могут быть использованы в спортивной практике в работе тренерского состава для внесения изменений в учебно-тренировочный процесс и программу восстановительных мероприятий, а далее для оценки эффективности этой коррекции; совершенствуют систему медико-биологического сопровождения при разработке новых подходов нутритивно-метаболической поддержки атлетов с применением биодобавок и НИЛИ. Работа носит фундаментальный характер, позволяющий проводить дальнейшие исследования на базе других видов спорта, с учётом гендерных, профессиональных и возрастных особенностей спортсменов. Материалы исследования целесообразно использовать в курсе преподавания нормальной физиологии, спортивной физиологии, спортивной медицины.

Положения, выносимые на защиту

1. Обоснована концепция комплексного применения внутренировочных средств для потенцирования физической работоспособности спортсменов, расширения их адаптационных возможностей на основе мультисистемного подхода и разработанной структурно-логической модели, раскрыты физиологические механизмы и оценена её эффективность при воздействии тестовых нагрузок анаэробной и аэробной направленности.

2. На основе выделения индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции сердечной деятельности обоснован дифференцированный подход в оценке функционального состояния кардиоваскулярной системы, микроциркуляции крови, биоэнергетического потенциала головного мозга атлетов в состоянии покоя и при выполнении физических нагрузок.

3. Наиболее выраженный кумулятивный эффект нутритивно-метаболической поддержки атлетов с применением биодобавок и НИЛИ в индикаторах общей и специальной работоспособности наблюдается при их синергичном применении, что позволяет выявить специфику системной интеграции физиологических механизмов в перестройках нейронального метаболизма, нейро-вегетативной регуляции, гемодинамики и микроциркуляции, обеспечивающих в разной степени повышение спортивного результата с учётом выделенных типов вегетативной регуляции кровообращения.

4. Проведение корреляционного анализа позволило установить структурные взаимосвязи между функциональным состоянием, физической работоспособностью и спортивным результатом спринтеров с учётом типов вегетативной регуляции сердечного ритма, выделить наиболее важные информативные маркеры для практики спорта и оценить их значение в подготовке атлетов в беге на короткие дистанции при использовании изученных внутренировочных средств.

5. Определен различный уровень вегетативного обеспечения спортивной деятельности, а также выявлены различия в физиологической «цене» достигнутого результата при комплексном применении биодобавок и НИЛИ у спринтеров с разными типами вегетативной регуляции на физическую нагрузку. Установлено, что после выполнения нагрузок преимущественно анаэробного типа, наибольшие изменения основных показателей центральной нервной системы, системной гемодинамики, микроциркуляции произошли у атлетов с исходным доминированием симпатического отдела вегетативной нервной системы, а при аэробном тестировании и в полевых условиях – у легкоатлетов с исходным преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции.

6. Отставленный эффект комплексного применения биодобавок и НИЛИ сохраняется через 30 дней после завершения их использования, что характерно в большей степени для сердечно-сосудистой системы и её микроциркуляторного звена с определенными типологическими особенностями вариабельности сердечного ритма.

Апробация работы. Основные научные положения и выводы диссертации представлены на следующих научных мероприятиях: IX Международная научно-практическая конференция «Современные научные достижения - 2013», секция «Физическая культура и спорт» (Прага, Чехия, 2013); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 90-летию Н.Н. Тарского «Актуальные вопросы развития физической культуры и массового спорта на современном этапе» (Якутия, 2014); XIV Международная научная сессия «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму» (Минск, Беларусь, 2016); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием и российско-китайского симпозиума, посвященных 120-летию НГУ им. П.Ф.

Лесгафта (Санкт-Петербург, 2016); Региональная площадка VI Всероссийского фестиваля НАУКА 0+, ФГБОУ ВО «СГАФКСТ» (Смоленск, 2016); XX Всероссийский фестиваль студентов вузов физической культуры в конкурсе «Научное творчество молодежи» по теме «Научно-методические проблемы подготовки спортивного резерва» (Смоленск, 2016); 68-я научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО СГАФКСТ (Смоленск, 2017); Международный Конгресс «Лазер и Здоровье» (Ташкент, Узбекистан); XXII Международный научный конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех» (Тбилиси, Грузия, 2018); XVII Всероссийский конгресс диетологов и нутрициологов с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Лечебное, профилактическое и спортивное питание» (Москва, 2018); VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации» (Краснодар, 2018); Международная научно-практическая конференция «II Европейские игры» - 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов», в секции «Спортивная физиотерапия: проблемы и пути решения» (Минск, Беларусь, 2019); VIII съезд научного медицинского общества анатомов, гистологов и эмбриологов, на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (Воронеж, 2019); XII международная научная конференция «Микроциркуляция и гемореология» (Ярославль, 2019); 71-я научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО СГАФКСТ (Смоленск, 2019); XXV Международный научный конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех» (Минск, Беларусь, 2020); Всероссийская с международным участием научно-практической конференция «Физическая культура и спорт в XXI веке: актуальные проблемы и их решения», посвященной 60-летию образования ВГАФК (Волгоград, 2020); Международный университетский научный форум «Science. Education. Practice» (Торонто, Канада, 2020); Открытая научно-практическая конференция «Физическая культура, спорт, олимпизм: проблемы и перспективы», посвященная году науки и технологий» (Великие Луки, 2021); VII Всероссийская конференция с международным участием «Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение», посвященной памяти профессора Р.М. Баевского (Ижевск, 2021); II Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии спортивной медицины и реабилитологии» (Минск, Беларусь, 2021); Международная научная конференция «Process Management and Scientific Developments» (Бирмингем, Англия, 2021).

Личный вклад автора в получении результатов, изложенных в диссертационном исследовании, заключается в проведении аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, сборе первичного материала и его статистической обработке. Автором проведено исследование на 94 квалифицированных спортсменах.

Моделирование вегетативного обеспечения спортивной деятельности спринтеров при различных физических нагрузках в условиях применения биодобавок и НИЛИ, тестирование максимальной анаэробной мощности, аэробных возможностей, специальной физической подготовленности атлетов методами анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), нейроэнергокартирования, эргоспирометрии, велоэргометрии, телеметрической пульсометрии, автор проводил лично.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 66 научных работ, отражающих основное содержание исследований; из них - 23 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций, из них - 4 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Имеется патент на изобретение РФ (RU № 2710364).

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 415 страницах печатного текста, иллюстрирована 31 таблицей и 101 рисунком. Работа включает в себя следующие разделы: «Введение», «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты исследования», «Обсуждение результатов», «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации», «Список сокращений», «Список литературы», «Приложения». Список литературы содержит 580 источников, из них 404 отечественных и 176 зарубежных авторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структура исследования. Перед началом проведения комплексного исследования легкоатлеты-спринтеры (спортивная квалификация I разряд - КМС), давшие письменное согласие на участие в исследовании, методом случайной выборки были разделены на контрольную (n=18) и экспериментальную (n=76) группы. Завершался I этап комплексным обследованием спортсменов, в результате чего регистрировали 70 параметров, отражающих физическую подготовленность, анаэробную работоспособность, аэробные возможности, ВСР, микроциркуляцию крови, энергетический обмен клеток головного мозга спринтеров.

На II этапе на фоне регулярных тренировок спортсменам ЭГ в пищевой рацион добавлялись природные биокорректоры «Билар» и «Мультикомплекс MDX» по стандартной схеме. Атлеты КГ принимали плацебо (пищевой крахмал) в эквивалентных дозах. Продолжительность II этапа составила 21 день. Исследование проводилось в специальном подготовительном этапе годичного цикла. В этот период спринтеры ежедневно выполняли тренировочные занятия продолжительностью по 2 часа.

Соотношение упражнений общей и специальной физической подготовки – 25/75%. Применялись повторный и интервальный методы. Тренировки проходили в зале крытого легкоатлетического манежа и стадиона ФГБОУ ВО «СГУС». Окончание II этапа завершалось повторным определением изучаемых параметров. Проводился

сравнительный анализ полученных результатов с фоновым уровнем.

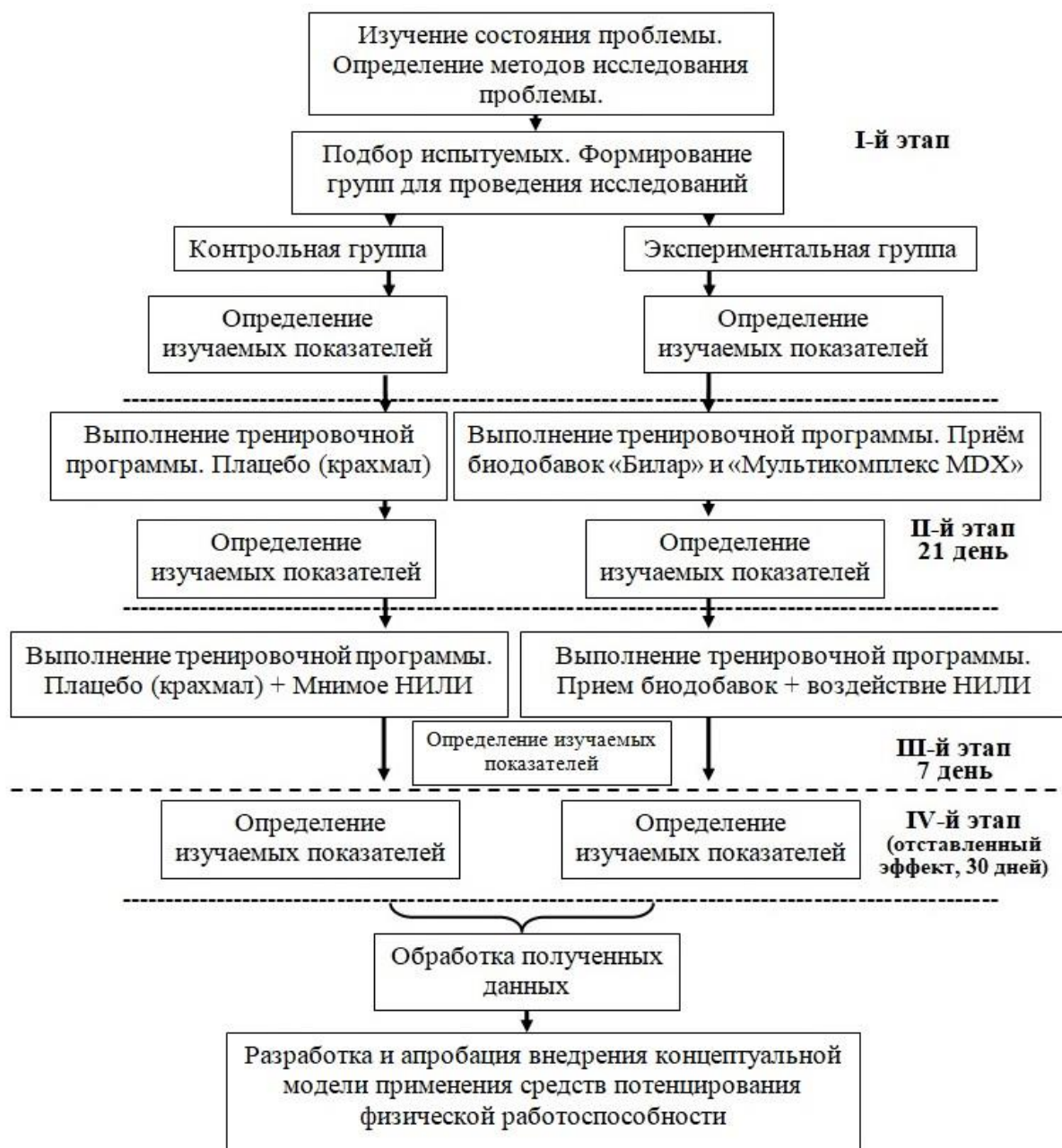


Рисунок 1. Хронологическая последовательность внедрения структурно-логической модели физиологического обоснования комплексного применения внутренировочных средств для потенцирования физической работоспособности атлетов

На III этапе на фоне приема пищевого крахмала/биодобавок в течение 7 дней, в условиях продолжающихся тренировок, спринтерам КГ проводили курс «мнимых» процедур воздействия НИЛИ без включения излучающих головок аппарата «Узор-А-2К», а атлеты ЭГ проходили процедуры низкоинтенсивного лазерного излучения ежедневно также в течение недели. Завершался III этап очередным определением показателей, которые сравнивали с ранее полученными данными после приёма биодобавок.

На IV этапе изучен отставленный эффект (через 30 дней) воздействия внутренировочных средств потенцирования ФР на функциональные системы организма

спортсменов. По его завершению определялись величины изученных маркеров ВСР, МЦ, НЭК и проводили сравнительный анализ с фоновыми величинами до применения эргогенных средств, курсового приёма биодобавок и комплексного их применения с НИЛИ. На рисунке 1 представлена структура проведенного эксперимента, включавшая в себя формирование групп, подбор методов исследования, динамическое тестирование.

Методы анализа variability сердечного ритма. На всех этапах эксперимента запись кардиоинтервалограмм (КИГ) осуществлялась в положении лежа на спине во II стандартном отведении с помощью прибора «Варикард 2.6» и компьютерной программы «Иским-6» (г. Рязань, РФ). В обработке КИГ применяли процедуры амплитудно-частотного и спектрального анализа ВСР с последующим учетом следующих параметров амплитудно-частотного (ЧСС, MxDMn, RMSSD, pNN50, AMo, SI) и спектрального (TP, HF, LF, VLF, LF/HF) анализов ВСР.

Для выявления прогностической роли индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции атлетов в зависимости от задач и этапов проведения эксперимента провели разделение участников исследования на четыре типа ВСР (алгоритм, предложенный Шлык Н.И., 2015, 2019): I тип: SI>100, VLF>240 (умеренное преобладание симпатической регуляции); II тип: SI>100, VLF<240 (выраженное преобладание симпатической регуляции); III тип: SI>25 и <100, VLF >240 (умеренное преобладание парасимпатической регуляции); IV тип: SI<25, VLF>500, TP>8000-10000 (выраженное преобладание парасимпатической регуляции).

Лазерная доплеровская флоуметрия. Для оценки процессов, происходящих в системе микроциркуляции крови применяли анализатор перфузии ЛАКК-М (НПО «Лазма» г. Москва, РФ). Записи ЛДФ-граммы осуществлялась в течение 5 минут, проводили на ладонной поверхности 4 пальца правой кисти. Датчик прибора устанавливался, касаясь исследуемого участка, перпендикулярно ладонной поверхности. На основе амплитудно-частотного анализа оценивали следующие параметры микроциркуляторного русла: ПМ, п.е.; СКО, п.е.; SO₂, %; U, усл. ед.; Vr, %. С использованием вейвлет-анализа изучали вклад отдельных механизмов в регуляцию микрокровотока с учётом усредненных максимальных амплитуд по диапазонам полос частот от 0.009 до 2 Гц: Аэ, п.е. (0.009-0.02 Гц); Ан, п.е. (0.02-0.06 Гц); Ам, п.е. (0.06-0.15 Гц); Ад, п.е. (0.15-0.4 Гц); Ас, п.е. (0.4-1.6 Гц); НАДН/ФАД, усл.ед.

Нейроэнергокартирование. Оценка энергетического обмена коры больших полушарий головного мозга осуществлялась на основе топографии его электрической активности с помощью прибора «Нейро-КМ», производимым фирмой «Статокин» (г. Москва, Россия) с регистрацией уровня постоянных потенциалов (УПП) в лобном (Fz, mV), центральном (Cz, mV), затылочном (Oz, mV), правом и левом височных (Td, mV; Ts, mV) отведениях. Сравнительная характеристика полученных изменений осуществлялась в соответствии с рекомендованными диапазонами омега-потенциала по Фокину В.Ф. (2014) и рекомендациями

Шмырева В.И. (2010). За показатель среднего УПП каждого отведения брался результат усреднения 6 последовательных измерений, проводимых с интервалом в 50 секунд. На протяжении эксперимента не было выявлено ни одного атлета с признаками функционального поражения центральной нервной системы.

Велоэргометрическое тестирование максимальной анаэробной мощности. Оценка максимальной алактатной мощности проводилась с помощью велоэргометра «Ergomedic 894E Peak Bike» фирмы «Monark Exercise AB» (Швеция) в модификации Артамонова В.Н. (2000), Терехова П.А. (2012, 2021). Кратковременное, промежуточное и продолжительное анаэробное тестирование на оценку скоростных, скоростно-силовых способностей, мощности и выносливости атлетов было проведено в интервале от 6 до 45 секунд по четырем пробам (с 2%, 7%, 5%, 3% отягощением в зависимости от массы тела атлета) с учётом: F_{max} , об/мин; $t_{70\%}$, с; N_{max} , Вт; Not , Вт/кг; J_2 , Вт/с; A , Дж; KB , усл.ед.

Кардиореспираторное нагрузочное тестирование. Для регистрации параметров аэробной работоспособности применялась система для проведения нагрузочного теста с велоэргометром производства Schiller AG (Швейцария) с газоанализатором Ganshorn Power Cube, использовался протокол измерений «Sport». Мощность первоначальной механической работы - 30 Вт, её объем автоматически равномерно повышался на 20 Вт в течение каждой последующей минуты выполнения пробы. Обязательным критерием тестирования было удержание постоянной скорости частоты вращения педалей в диапазоне 60-70 об/мин. Учитывались следующие параметры: W , Вт; $LВ$, л/мин; $ВЭЖ$, л; $КИО_2$, мл/л; $МПК$, л/мин; $МПК$, мл/мин/кг; $ДК$, усл.ед.; $ЧСС_{max}$, уд/мин; $АП$, %МПК; $АП$, %ЧСС; O_2 , пульс, мл/удар; $СОК$, мл; $МОК$, л/мин.

Специальная физическая подготовленность. Для оценки СФП, контроля её кинематических характеристик (перемещение - 0,01 м; скорость - 0,01 м/с; длительность - 0,001 с; ускорение - 0,01 м/с²; темп - 0,01 I/с) спортсменов проводилось педагогическое тестирование с помощью ОЭС «OptoJumpNext» (Microgate, Borsano, Italy). Анализировались следующие задания с учётом ведущих индикаторов скоростно-силовых способностей: Тест № 1: высота вертикального прыжка с места по В.М. Абалакову, см (Abalakov, cm), выпрыгивание вверх, руки свободны, с максимальным их взмахом от поверхности пола и толчком двух ног, приземление на полусогнутые нижние конечности (Counter Movement Jumpfriarms (CMJ)); Тест № 2: семь подскоков (stiffness test) с выявлением: времени их полета, с (Tflight, s); времени нахождения на опоре, с (Tcontact, s); высоте подъема (перемещения) ОЦМТ, см (Height, cm); мощность в относительных единицах, Вт/кг (отн. W ., W/kg) в тесте «семь подскоков»; Тест № 3: Результаты легкоатлетического бега с низкого стартового положения на 100-метровую дистанцию определялись ЭХС СТ-2153.

Телеметрическая пульсометрия. Оценку переносимости анаэробной нагрузки (бега на 100-метровую дистанцию) осуществляли методом мониторинга частоты сердечных сокращений с помощью пульсометра «Polar S810™ (Финляндия). Процент восстановления ЧСС рассчитывали по формуле: % восстановления ЧСС = $\frac{(ЧСС_3 - ЧСС_2) \times 100\%}{ЧСС_3 - ЧСС_1}$, где ЧСС₁ – ЧСС до выполнения физической нагрузки; ЧСС₂ – ЧСС на 3-й минуте восстановления; ЧСС₃ – максимальная ЧСС.

Эргогенные средства в системе спортивной подготовки. Для ускорения обменных процессов и хода восстановления после тренировочных нагрузок в течение 21 дня атлетами экспериментальной группы применялись БАДы «Билар» и «Мультикомплекс MDX». Порошок «Билар» (ООО МИП «Апипродукт», г. Брянск) получают методом вакуумного высушивания биомассы из трутневых личинок пчел. Содержание белка в «Биларе» 51,2%, в состав которого входят 26 аминокислот. Кроме того, препарат содержит большое число мононасыщенных, насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, а также макро- и микроэлементов. Схема приёма пищевой добавки «Билар»: с 1 по 10 дни из расчета 10 мг/кг массы тела, и с учётом индивидуальной переносимости с 11 по 28 дни из расчета 15-20 мг/кг.

Биологически активный продукт «Мультикомплекс MDX» (НПО «Пробио», г. Брянск) получен способом микробиологической переработки молочных сывороток (подсырной, творожной, казеиновой) с использованием промышленных культур молочнокислых микроорганизмов и последующим низкотемпературным сгущением. Содержит гидролизованный белок молочной сыворотки, олигопептиды и свободные аминокислоты, глюкозу, галактозу, лактаты, нуклеиновые кислоты, витамины С, Е, В₁, В₂, В₆, РР, бета-каротин, эргостерин, фолиевую кислоту, эндосомальные ферменты молочнокислых бактерий, микро- и макроэлементы, полисахариды. В 100 г продукта содержится белка - 6,8 г, глюкозы - 3,5 г, энергетическая ценность - 123,5 ккал/100 г. Схема приёма пищевой добавки «Мультикомплекс MDX»: 1-5 дни из расчета 0,5 г/кг массы тела; учитывая индивидуальную восприимчивость с 6 по 10 дни из расчета 0,8 – 1,0 г/кг массы тела; и в последующие дни (с 11 по 28 дни) из расчета 1,5 г/кг массы тела. Дневная доза делилась на 2 равные части. Первая половина принималась за 30 минут до тренировки, вторая половина принималась через 30 минут после завершения тренировки. Примененные в ходе проведения исследования биологические активные добавки, находятся в полном соответствии со стратегическими направлениями реализаций основных положений системообразующего и нормативно-правового документа «Консенсуса МОК по пищевым добавкам» 2018 г., что подтверждается в России патентом на изобретение (RU № 2710364 «Способ повышения работоспособности организма при физической нагрузке, 26.12.2019 г.).

Продукция прошла санитарно-гигиеническую экспертизу, технология производства

осуществляется на основании международного стандарта GMP (Burke L.M., 2017; Гунина Л.М., 2018; Maughan R.J., 2018), получено официальное подтверждение от производителя об отсутствии запрещенных субстанций.

Низкоинтенсивное лазерное излучение. В работе был использован терапевтический аппарат «Узор-А-2К» (АО КРЛЗ «Восход», РФ), зарегистрированный в Росздравнадзоре. Место воздействия: шейный отдел позвоночника симметрично с обеих сторон в области сонного треугольника. Режим излучения импульсный, длина волны - $0,89 \pm 0,02$ мкм; время экспозиции - 8 минут, частотой - 1500 Гц и мощностью на выходе 3,7 Вт.

Методы математической статистики. Для анализа полученных в ходе эксперимента данных была осуществлена статистическая обработка с помощью сертифицированного пакета программы «IBM SPSS Statistics 19», для Windows (StatSoft, Inc., США). На начальном этапе были рассчитаны основные характеристики описательной статистики: количественные данные представлены как среднее значение (M), среднее выборочное значение (\bar{X}), среднеквадратичное отклонение (δ), качественные данные – в виде долей (%). В дальнейшем для выявления динамики изменения изученных характеристик также рассчитывался абсолютный ($\Delta X = x_2 - x_1$, где x_1 – начальная величина, x_2 – конечная величина) и относительный прирост ($\Delta \varepsilon = x_2 - x_1 / x_1 * 100\%$). Проверка на нормальность и гомогенность распределения данных проводилась с применением критерия Шапиро-Уилка (ShapiroWilk's, W test). Для анализа полученных в ходе эксперимента данных были также использованы такие критерии для проверки статистических гипотез, как Mann-Whitney (U), и Wilcoxon, (W). Выбор непараметрических критериев проверки был обусловлен тем, что количество наблюдений в выборках экспериментальной и контрольной групп было меньше 30, а распределение в большинстве выборок отличалось от нормального. Критерий Манна-Уитни применялся для независимых выборок, а критерий Вилкоксона для связанных (парных) выборок. Для установления тесноты взаимосвязи между значениями изучаемых характеристик и их сдвигами в динамике применялся коэффициент корреляции Пирсона (r -Pearson correlation)..

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПРИНТЕРОВ В ДИНАМИКЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА

Целью первой серии исследования была сравнительная характеристика функционального состояния, физической работоспособности спринтеров ЭГ и КГ на всех контролируемых этапах тренировочного цикла.

• Показатели функционального состояния, физической работоспособности у спринтеров контрольной и экспериментальной групп в условиях воздействия физической нагрузки и поэтапного внедрения внутренировочных средств

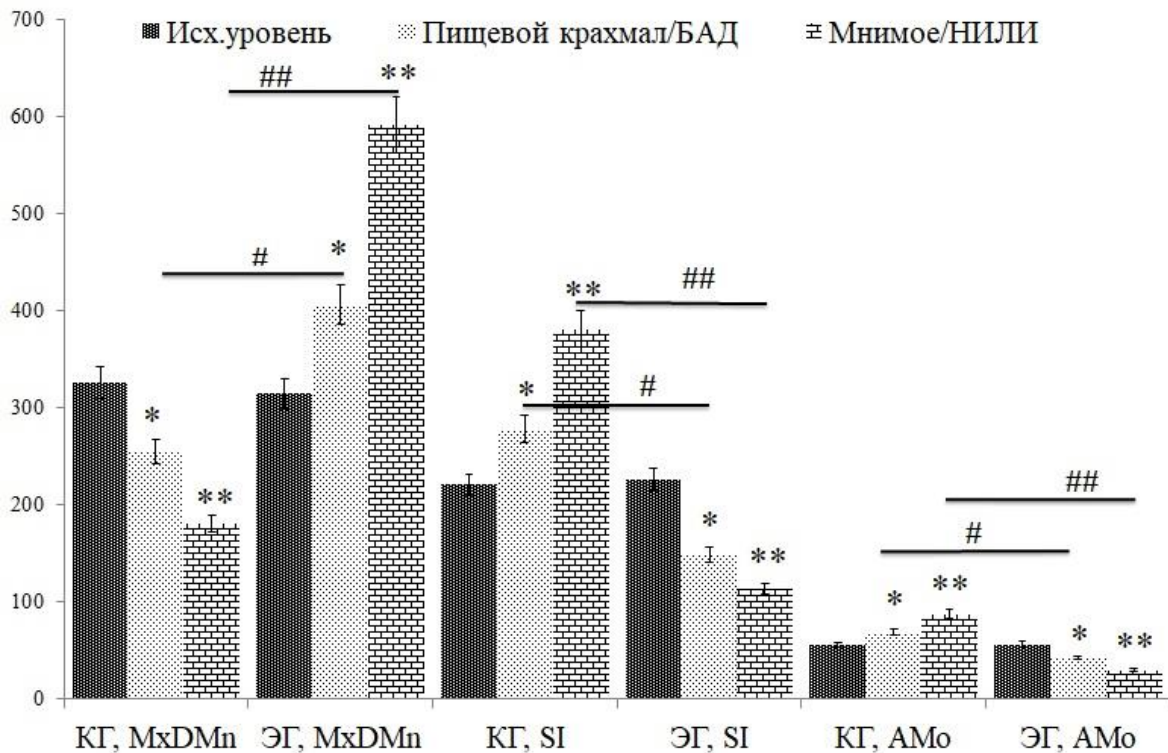


Рисунок 2. Изменения временных и спектральных показателей ВСП спринтеров КГ и ЭГ в динамике тренировочного цикла (M±δ)

Обозначения: здесь и далее * - значимость внутригрупповых различий по отношению к исходным данным при $p < 0,05$; ** - при $p < 0,01$; # - значимость межгрупповых различий при $p < 0,05$, ## - при $p < 0,01$ на одном этапе исследования.

Установлено (рис. 2), что в контрольной группе в конце 28-дневного тренировочного цикла отмечался достоверный прирост значений на 72,6% ($p < 0,01$) – SI, на 65,3% ($p < 0,01$) – LF, на 57,5% ($p < 0,01$) – AMo, на 23,4% – ЧСС, на 36,8% – LF/HF, при значимом снижении уровня TP на 24,4%, HF на 57,4% ($p < 0,01$), MxDMn на 44,6%, что отражало физиологически закономерную реакцию на нагрузку, обусловленную усилением центрального механизма регуляции сердечного ритма на фоне снижения автономного его звена, в остальных случаях ($p < 0,05$).

В то время как в экспериментальной группе в конце тренировочного цикла отмечалось повышение сдвигов на 87,9% ($p < 0,01$) – MxDMn, на 56,7% ($p < 0,01$) – TP, на 83,1% ($p < 0,01$) – HF, при уменьшении на 49,6% ($p < 0,05$) – SI, на 52,5% ($p < 0,05$) – LF, на 45,1% ($p < 0,05$) – LF/HF, на 47,1% ($p < 0,05$) – AMo, на 18,8% ($p < 0,05$) – ЧСС, что свидетельствовало об отсутствии роста напряженности со стороны центрального механизма регуляции сердечного ритма и сосудодвигательного центра.

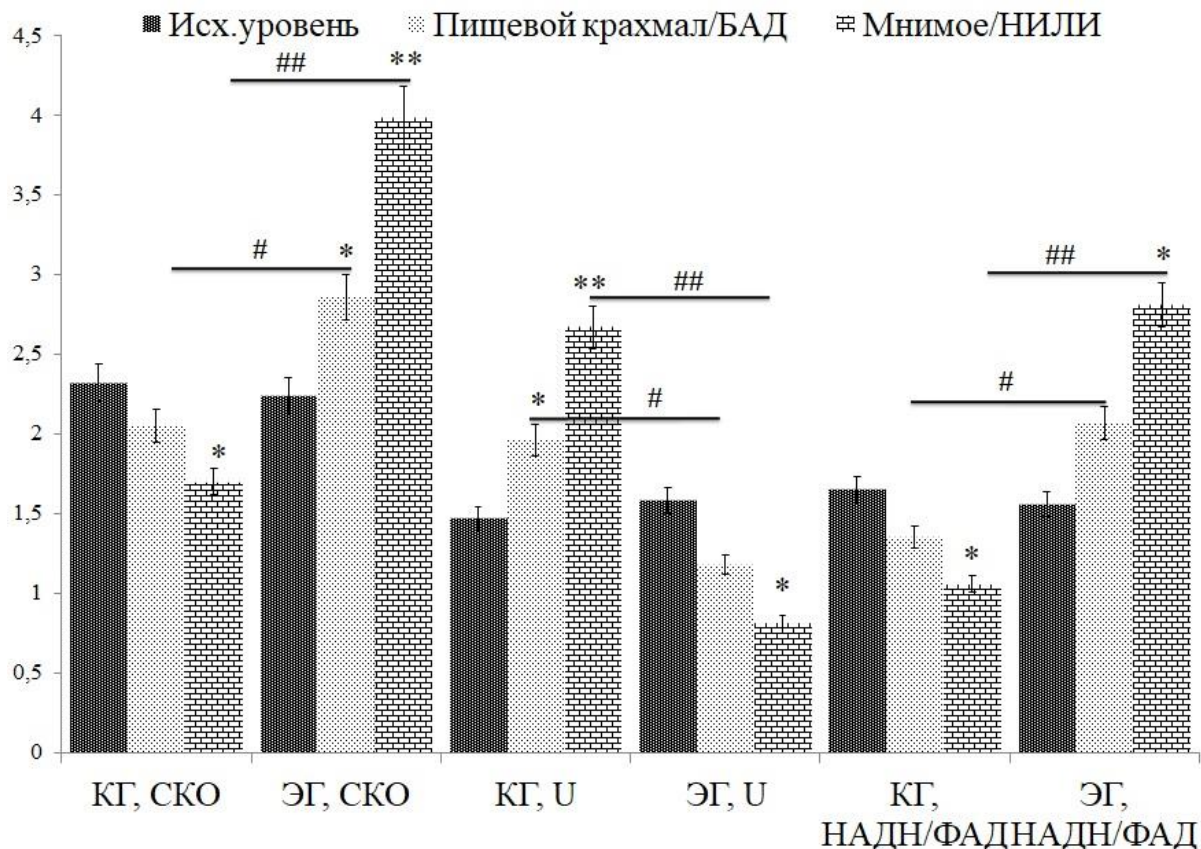


Рисунок 3. Изменения временных и метаболических показателей микроциркуляции крови спринтеров КГ и ЭГ в динамике тренировочного цикла ($M \pm \delta$)

В КГ параллельно (рис. 3) отмечены существенные сдвиги в системе микроциркуляции, связанные с уменьшением на 20,9% ($p < 0,05$) – ПМ, на 26,7% ($p < 0,05$) – СКО, на 35,7% ($p < 0,05$) – НАДН/ФАД и повышением на 81,6% ($p < 0,01$) – U, на 18,8% ($p < 0,05$) – Vr, что вызывало дефицит кровотока за счет вазоконстрикторного эффекта в капиллярах, прекапиллярных артериолах, артериолах и венулах. Амплитуда эндотелийзависимых колебаний снизилась на 23,6%, нейрогенных на 28,1% и миогенных на 26,5%, во всех случаях ($p < 0,05$), что было обусловлено дефицитом регионарного кровотока, который возник в результате усиления вазоконстрикции приносящих микрососудов, о чем свидетельствовало повышение тонуса эндотелиоцитов капилляров (Аэ), гладкомышечных клеток среднего слоя артериол (Ан) и миоцитов прекапиллярных артериол (Ам).

В то время как в ЭГ повысились временные и метаболические значения перфузии крови на 94,9% ($p < 0,01$), концентрации эритроцитов на 75,8% ($p < 0,01$), флакса на 77,6% ($p < 0,01$). Улучшились реакции окислительного фосфорилирования, о чем свидетельствовало увеличение на 80,1% ($p < 0,05$) величины соотношения восстановленной формы кофермента НАДН и окисленной ФАД, а также снижение удельного потребления кислорода на 48,1% ($p < 0,05$). В условиях воздействия физической нагрузки и комплексного применения БАД+НИЛИ, усиливалась вазодилататорная реакция с повышением амплитуды эндотелий-зависимых на 83,1%, миогенных на 90,8%, также нейрогенных колебаний на 87,4%,

во всех случаях ($p < 0,01$). Достоверно значимо вырос вклад дыхательных флуктуаций, обеспечивающих отток крови из венулярного звена микроциркуляторного русла, с повышением их амплитуды на 66,4% ($p < 0,05$). Улучшение проходимости артериолярного звена обеспечивал рост величины пульсовых колебаний на 86,2% ($p < 0,01$).

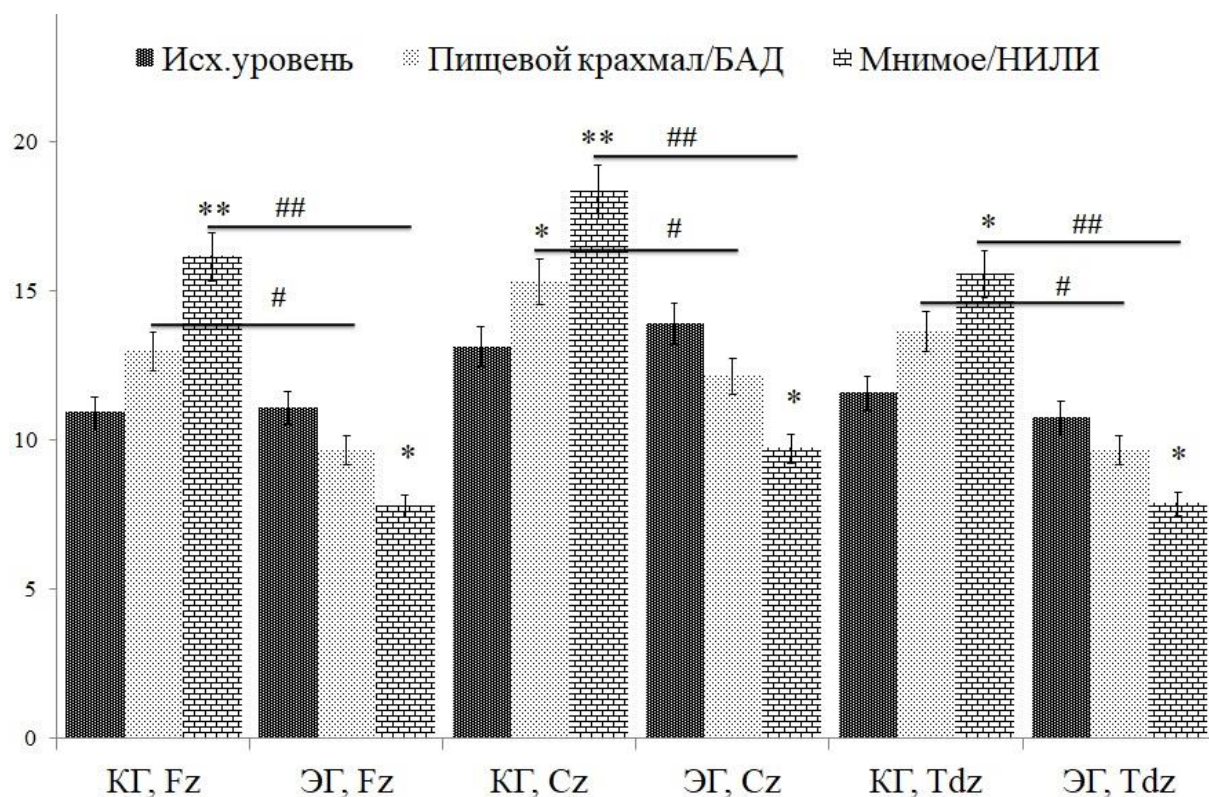


Рисунок 4. Изменения уровня постоянных потенциалов (УПП, mV) в различных областях коры головного мозга спринтеров КГ и ЭГ в динамике тренировочного цикла ($M \pm \delta$)

В КГ ограничение доставки кислорода в кору больших полушарий (рис. 4) также усиливал гликолиз в нейронах с достоверным повышением показателя УПП на 48,1% ($p < 0,05$) в лобной (Fz), на 39,6% ($p < 0,05$) в центральной (Cz), на 34,5% ($p < 0,05$) в правой височной области (Tdz). Повышение возбудимости симпатического отдела ВНС улучшало анаэробную и специальную физическую подготовленность лишь по отдельным показателям в максимальной частоте движений и мощности работы в первой пробе 6-секундного теста на 4,1-5,3% ($p < 0,05$), абсолютной работоспособности и её градиенте во время выполнения первого движения на 3,3-6,4% ($p < 0,05$) при втором тестировании, прыжке вверх по Абалакову на 9,2%, высоте подъема тела в тесте «семь подскоков» на 8,1% и относительных величинах реализуемой относительной мощности на 8,7%, во всех случаях, ($p < 0,05$). В то время как в 15- и 45-секундных временных отрезках, спортивном результате на 100-метровой дистанции значимых изменений во всех изученных маркерах максимальной алактатной мощности и гликолитической выносливости обнаружено не было ($p > 0,05$).

В ЭГ на уровне мозговой активности отмечалось выраженное снижение значений УПП во всех исследованных областях (Fz, Cz, Oz, Tdz, Tsz), что можно интерпретировать как признак замещения доминирования процессов анаэробного гликолиза окислительным

фосфорилированием синтеза АТФ. Вышеперечисленные изменения способствовали росту спортивной результативности не только в лабораторном, но и в полевом тестировании. У спортсменов ЭГ приросты специальной физической подготовленности обнаружены в увеличении прыгучести на 14,9%, в тесте из семи подскоков (Tcontact) уменьшилось на 16,2%, относительная мощность повысилась на 16,4%, время полета выросло (Tflight) на 12,3%, прирост на дистанции 100 м составил 7,2%, во всех случаях $p < 0,05$.

Однако следует отметить, что повышение специальной работоспособности при использовании эргогенных и физико-терапевтических средств, происходило у всех атлетов ЭГ по-разному, имело свои специфические особенности: у одних спортсменов прирост результата в показателях был наибольшим, у других наименьшим или сопоставим с данными КГ. Внутригрупповые различия были отмечены также и в вегетативных реакциях, в системе микроциркуляции крови и энергетическом обмене головного мозга, что свидетельствовало об их большой вариабельности. Данное обстоятельство в дальнейшем послужило основанием разработки дифференцированного подхода к оценке функционирования организма на основе индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма в совокупности с предложенными внутренировочными средствами.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА

Целью второй серии экспериментов явилось изучение динамики показателей нейровегетативной регуляции, кардио-сосудистого и микроциркуляторного статуса в покое, а также кардиореспираторного и локомоторного обеспечения физической работоспособности спортсменов ЭГ с учётом исходных типов вегетативной регуляции сердечной деятельности.

- **Показатели функционального состояния и физической работоспособности у спринтеров экспериментальной группы с доминированием симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца**

Установлено (табл. 1), что преобладание симпатических влияний на ритм сердца у спринтеров с I и II типами ВСР ограничивало функциональные возможности системы микроциркуляции по адекватному обеспечению тканей пластическим и энергетическим материалом. В частности, на уровне нейронов коры больших полушарий выросла величина уровня их постоянного потенциала. Повышение УПП свидетельствовало о доминирующем гликолитическом пути поставки энергии при дефиците кислорода. Преобладание анаэробного пути образования энергии при I и II типах регуляции СР обеспечивало преимущества организма при проявлении скоростных и силовых способностей. Подтверждение данному факту получено при оценке специальной физической подготовленности в полевых условиях и

велоргометрических тестированиях максимальной мощности. Однако по мере увеличения продолжительности работы, в анаэробном режиме происходило «истощение» анаэробных путей образования энергии, что сопровождалось снижением значений соответствующих показателей.

Таблица 1. Ведущие показатели вариабельности сердечного ритма, микроциркуляции крови, нейроэнергостимуляции, физической работоспособности спринтеров ЭГ ($\bar{X} \pm \sigma$)

Показатели / Типы ВСР	I тип, n=18	II тип, n=20	III тип, n=22	IV тип, n=16	P
MxDMn, мс	238,07 ±29,11	171,62 ±22,32	346,77 ±26,72	502,75 ±32,32	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
SI, усл. ед.	212,22 ±15,48	590,81 ±17,37	71,25 ±5,81	28,46 ±2,67	*1-2; *1-3; *1-4; *2-3; *2-4; *3-4.
ПМ, п.е.	6,28 ±0,35	4,61 ±0,26	8,28 ±0,43	9,21 ±0,35	*1-2; *1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
Ам, п.е.	9,21 ±0,38	6,26 ±0,15	14,81 ±0,49	15,30 ±0,36	*1-2; *1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
Oz, mV	12,14 ±0,19	12,47 ±0,21	8,29 ±0,16	9,03 ±0,18	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
F max1, об/мин	206,35 ±1,35	204,77 ±1,12	198,45 ±0,80	194,77 ±0,92	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
N max2, Вт	1100,69 ±3,10	1086,81 ±2,88	1059,98 ±3,54	1045,12 ±3,31	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
N max3, Вт	781,66 ±4,30	770,78 ±4,10	804,33 ±5,75	794,23 ±4,90	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
N max4, Вт	410,11 ±1,23	396,46 ±1,15	443,99 ±1,80	438,57 ±1,71	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
W, Вт	280,17 ±0,39	270,25 ±0,35	313,26 ±0,49	305,88 ±0,44	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
O ₂ - пульс, мл / удар	20,80 ±0,17	19,81 ±0,14	24,29 ±0,22	23,47 ±0,23	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.
T flight, с	0,525 ±0,007	0,502 ±0,005	0,485 ±0,010	0,470 ±0,007	*1-3; *1-4; *2-3; *2-4.

Обозначения: * - межгрупповые различия достоверны при $p < 0,05$.

Ограниченные возможности по доставке кислорода у спринтеров I и II типов ВСР проявились в низких функциональных возможностях кардиореспираторной системы, полученных при аэробной работе до отказа. Обнаружено, что у спринтеров с III и IV типами доминирование ваготонии улучшало работу не только сердечной мышцы, но и повышало экономичность в деятельности системы микроциркуляции. Установленное повышение перфузии крови, снижение утилизации кислорода, преобладание концентрации восстановленных коферментов над окислительными, стало залогом расширения адаптационного потенциала обменного звена при физической нагрузке. На адекватную запросам поставку кислорода реагировали нейроны коры больших полушарий. У спринтеров с III и IV типами ВСР снижались значения УПП, что косвенно указывало на усиление энергообеспечения клеток головного мозга за счет окислительного фосфорилирования. В

условиях анаэробного тестирования заметное улучшение изученных параметров нарастало по мере увеличения времени работы. При аэробной нагрузке у спринтеров с III и IV типами регистрировалось выраженное преимущество по изученным характеристикам кардиореспираторной системы. В показателях специальной физической подготовленности они уступали спортсменам с I и II типами регуляции сердечной деятельности.

Полученные результаты подтвердили обоснованность выделения типов вегетативной регуляции ритма сердца для более точной прогностической оценки функционального статуса и прогноза спортивных результатов легкоатлетов. В работе доказано, что в зависимости от доминирующего исходного типа регуляции сердечного ритма спортсмены имели исходно разный функциональный потенциал, влияющий на адаптационные возможности в условиях физических нагрузок.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ДАННЫМ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

• Корреляционный анализ физиологических показателей у спортсменов экспериментальной группы в зависимости от доминирующего типа вегетативной регуляции сердечной деятельности

Показано, что типы вегетативной регуляции сердечной деятельности также отличались по данным проведенного корреляционного анализа в оценке функционального состояния организма в покое и при физической нагрузке (рис. 5). Так, в I типе большинство связей отмечено в диапазоне более $r=0,5-0,6$, что свидетельствовало о среднем уровне их соподчиненности между большинством изученных показателей. В то время как в диапазоне более $r=0,8$ значимых коэффициентов корреляции вообще не было. Во II типе регуляции сильные положительные связи отмечены между УПП в центральной области и ВЭК; коэффициентом использования кислорода и МПК; относительной мощностью и её градиентом во второй пробе 6-секундного теста; обратной соподчиненности TP и SI. В III типе, к числу наиболее важных структурных закономерностей добавились прямые связи между суммарной мощностью спектра (TP), коэффициентом использования кислорода (КИО₂) и индексом вагосимпатического равновесия (LF/HF). Анаэробную работоспособность, в первую очередь, лимитировали значения ПМ, относительной мощности (Not) в 6- и 15-секундных тестах, а также параметры взрывной силы (J). В IV типе главными признаны прямые зависимости между удельным потреблением кислорода (U), параметрами микроциркуляции (ПМ) и относительной мощностью в 45-секундном тесте, МПК и кислородным пульсом, УПП в Fz и Cz, обратная соподчиненность между суммарной мощности спектра (TP) и стресс-индексом (SI). Выявленные корреляционные связи позволили оценить роль каждого из многочисленных

маркеров в подготовке квалифицированных спринтеров в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

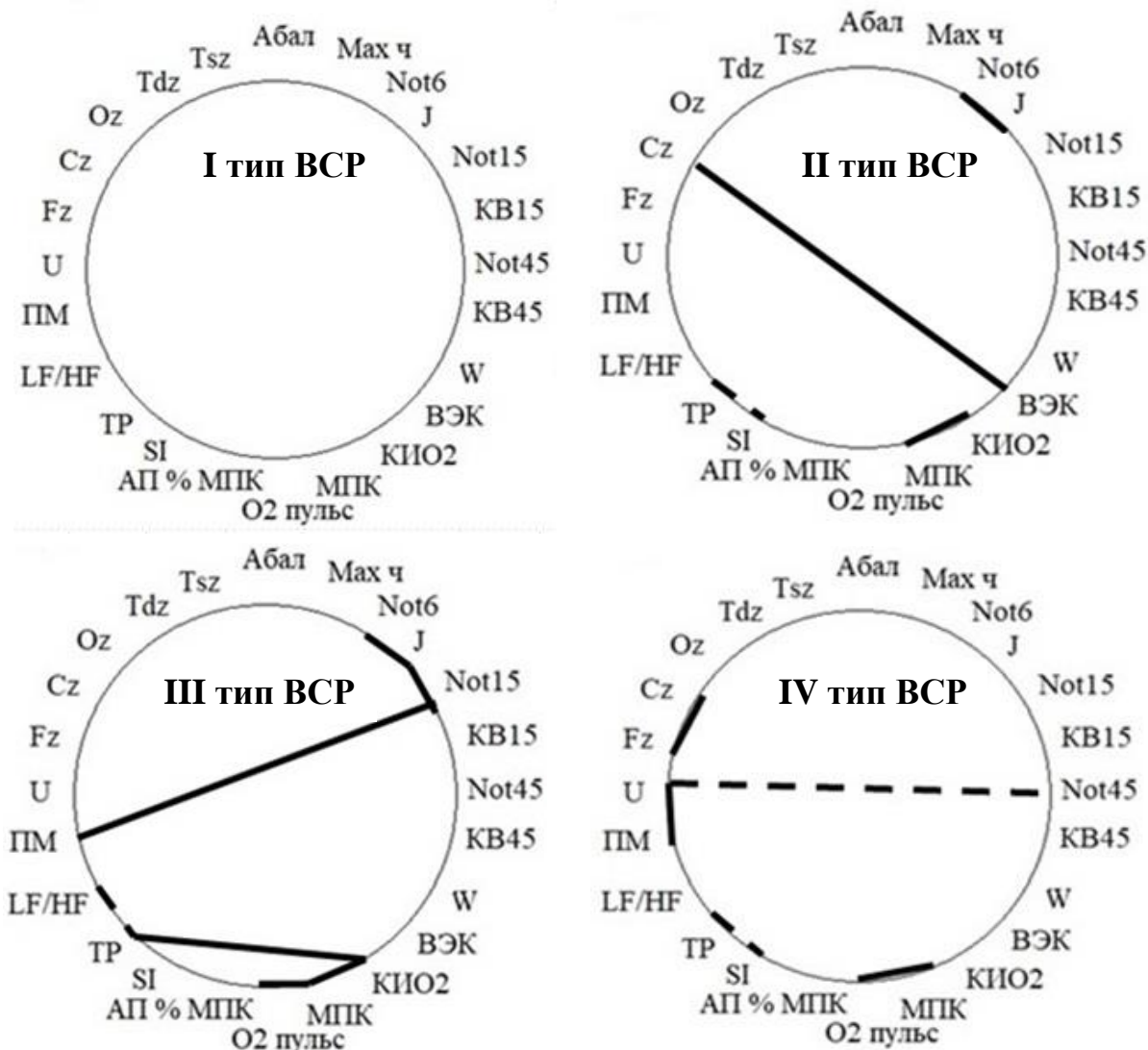


Рисунок 5. Важнейшие прогностические маркеры ($r \geq 0,8$) между изученными показателями функционального состояния и физической работоспособности спринтеров ЭГ в зависимости от доминирующего типа вегетативной регуляции сердечной деятельности
 Обозначения: — прямые взаимосвязи; - - - - обратные взаимосвязи.

ВЛИЯНИЕ ЭРГОГЕННЫХ И ФИЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОТЕНЦИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТСПОСОБНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СПРИНТЕРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВСР

- Показатели функционального состояния, физической работоспособности у спринтеров экспериментальной группы с доминированием симпатических влияний на ритм сердца

По данным проведенного исследования выявлена специфика комплексного «ответа» организма легкоатлетов на курсовой прием пищевых добавок в сочетании с НИЛИ в

индикаторах функционального статуса и физической работоспособности в зависимости от исходного типа ВСР. Усиление активности парасимпатического звена ВНС отмечено при всех четырех типах регуляции. Наиболее выраженный эффект в перестройках нейронального метаболизма, нейро-вегетативной регуляции, гемодинамики и микроциркуляции проявилось у спринтеров с I и II типами (рис. 6), что бесспорно обеспечивало более устойчивое состояние функциональной системы.

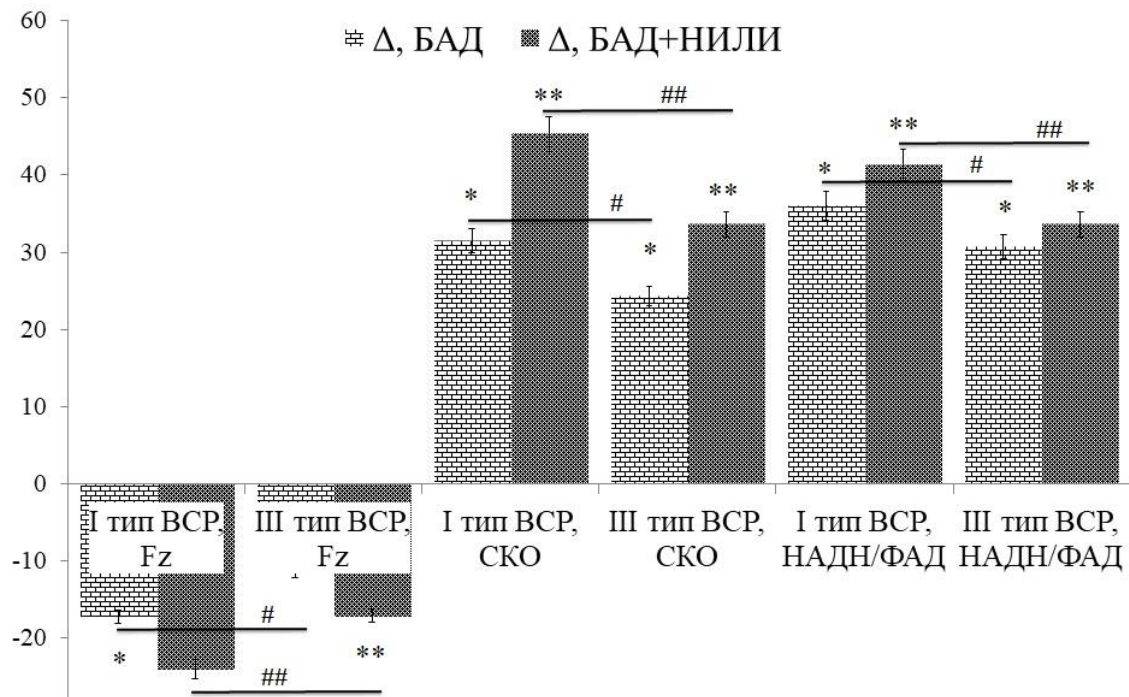


Рисунок 6. Сдвиги показателей нейроэнергостроения и микроциркуляции крови спринтеров ЭГ с I и III типом ВСР в динамике применения биодобавок и НИЛИ ($M \pm \delta$)

После применения внутренировочных средств отмечено значительное улучшение маркеров анаэробной работоспособности, обеспечивавших проявления силы и быстроты при физических нагрузках, наблюдалось увеличение результата при работе до отказа, спортивного результата в беге на 100-метровой дистанции в полевых условиях.

Показано, что у спринтеров с III и IV типами после применения биодобавок и НИЛИ снижение напряженности со стороны регуляторных механизмов оказалось менее выраженным, что свидетельствовало об исходно повышенной устойчивости функциональной системы, требующих минимальной коррекции. Так, при общей картине улучшения функциональных возможностей микроциркуляторного русла после применения эргогенных средств, у спринтеров с IV типом градиент прироста оказался ниже по сравнению с III типом.

Сходная динамика выявлена и по отношению к УПП, уровень снижения которого свидетельствовал об опережающем росте энергетического потенциала нейронов при III типе регуляции. По показателям анаэробной работоспособности спринтеры с III и IV типами уступали спортсменам с I и II типами в скоростно-силовых способностях и алактатной

мощности, но имели более выраженные показатели гликолитической выносливости, а также при доминировании аэробного режима работы.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ПРИРОСТА СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТА У СПРИНТЕРОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГРУППЫ ПОСЛЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВНЕТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ

Проведен корреляционный анализ значений степени прироста результатов в беге на тестовую дистанцию 100 м и сдвигов значений анализируемых показателей ВСР, ЛДФ, нейроэнергокартирования, а также индикаторов общей и специальной работоспособности в динамике тренировочного цикла у атлетов с исходно различными типами вегетативной регуляции. Значения прироста спортивных результатов в группах легкоатлетов с различными типами вегетативной регуляции значимо не различались, однако коррелировали с различными «блоками» изменений регистрируемых параметров.

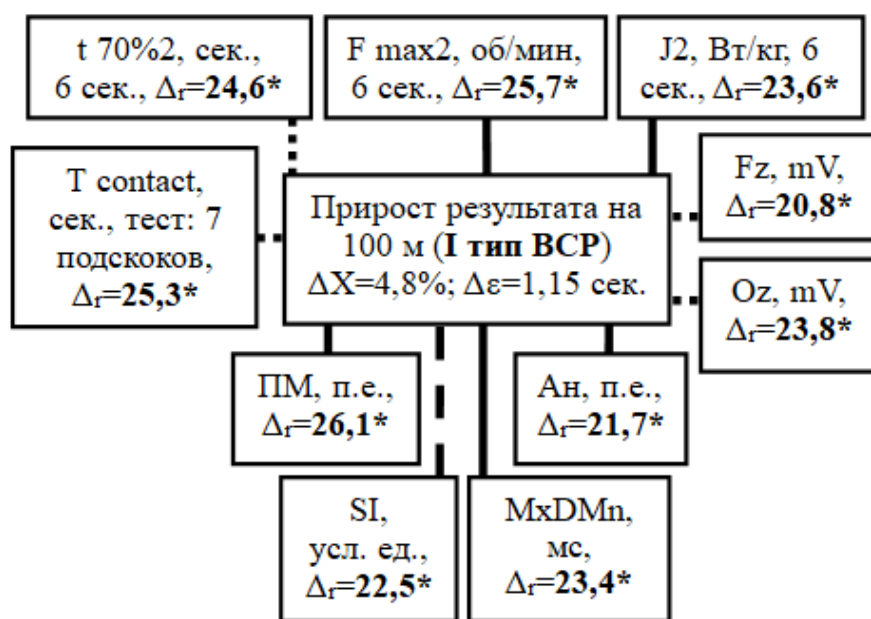


Рисунок 7. Модельные характеристики маркеров прироста спортивного результата в беге на 100 м спринтеров ЭГ с I типом ВСР после комплексного применения внутренировочных средств потенцирования физической работоспособности
Обозначения: здесь и далее r_1 – корреляционная связь показателей в исходном уровне; r_2 – после комплексного применения внутренировочных средств; Δr – относительные сдвиги; * – различия достоверны ($p < 0,05$);
 — - — - прямые взаимосвязи; - - - - обратные взаимосвязи.

Так, у атлетов с доминированием центрального контура регуляции ВСР и симпатической активацией (рис. 7) прирост результата в беге на 100 м сопровождался усилением максимальной частоты (F_{max} , 1-2, об/мин), мощности работы (N_{max} , 1-2, Вт), её градиенте ($t_{70\%}$, 1-2, с) во время выполнения первого движения, при снижении времени нахождения на опоре ($T_{contact}$, с) в тесте «7 подскоков», педалирования на велоэргометре (t

70%, 1- 2, с) в первых двух пробах 6-секундного спринтерского теста, росте прыгучести по Абалакову (Абал, см). В параметрах вегетативного обеспечения мышечной деятельности снижались значения стресс-индекса, увеличивались параметры суммарной спектральной мощности и вариационного размаха. В системе микроциркуляции повышалась перфузия крови, удельное кислородное потребление в тканях уменьшался тонус нейрогенных колебаний. В коре больших полушарий головного мозга снизился уровень постоянного потенциала в центральной (Cz), затылочной (Oz) и правой височной области (Tdz).

Напротив, у атлетов с доминированием автономного контура регуляции ВСР и парасимпатической активацией (рис. 8) аналогичная динамика спортивного результата была связана с ростом анаэробной мощности (N_{max3} , Вт) и гликолитической выносливости (N_{max4} , Вт; КВ, усл.ед.) в промежуточном и продолжительном анаэробной тестировании на велоэргометре, росте специальной физической подготовленности, высоте подъема ОЦМТ и относительной мощности в тесте «7 подскоков», увеличении МПК и снижении дыхательного коэффициента в тесте до отказа. По данным анализа variability сердечного ритма, ЛДФ, НЭК установлено снижение индекса вагосимпатического равновесия, тонуса эндолелийзависимых колебаний, УПП в лобной, центральной и левой височной области.

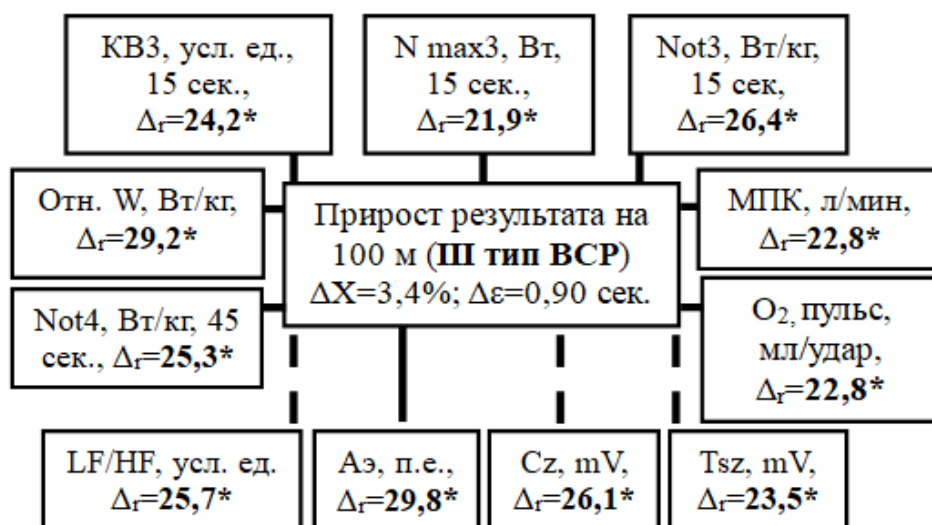


Рисунок 8. Модельные характеристики маркеров прироста спортивного результата в беге на 100 м спринтеров ЭГ с III типом ВСР после комплексного применения внетренировочных средств потенцирования физической работоспособности

Таким образом, установлены различные прогностические маркеры в зависимости от преобладающего типа вегетативной регуляции сердечной деятельности, способствовавших приросту спортивного результата спринтеров ЭГ. У спортсменов с доминированием центральных эрготропных механизмов регуляции ритма сердца (I и II типы), для оптимизации тренировочного процесса и полного включения резервных возможностей в беге на 100 м, целесообразно использование нагрузок скоростной, скоростно-силовой направленностей, развитие прыгучести.

Для атлетов III и IV типов с преобладанием автономного звена вегетативной регуляции для достижения наилучшего спортивного результата необходимы более продолжительные 15-, 45-секундные нагрузки, оценивающие анаэробную мощность, прыжковую выносливость по данным теста из «7 подскоков», а также максимального потребления кислорода в кардиореспираторном аэробном тестировании до отказа. Большое количество установленных взаимоотношений между ведущими маркерами функционального состояния, физической работоспособности, специальной подготовленности, свидетельствовало об их информативности как в совокупности, так и по результатам отдельных тестов.

ВЕГЕТАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПРИНТЕРОВ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ БИОДОБАВОК И НИЛИ

- **Показатели функционального состояния у спринтеров экспериментальной группы с доминированием симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца после анаэробной нагрузки**

Установлено, что после применения внутренировочных средств в ответ на анаэробную нагрузку независимо от доминирующего типа вегетативной регуляции сердечного ритма, главным образом, происходили положительные изменения в системе микроциркуляции. В результате оптимизации работы местных механизмов (эндотелиального, нейрогенного и миогенного) повышалась интенсивность микрокровотока, усиливалась колеблемость, флукс эритроцитов. Повышение значений индекса, отражающего прирост концентрации кофермента НАДН и снижение содержания ФАД на уровне клеточных митохондрий, свидетельствовало об увеличении экономичности использования кислорода. Сравнительный по типам вегетативной регуляции анализ показателей указывал на более выраженное улучшение процессов в обменных сосудах у спринтеров с доминированием симпатического влияния в регуляции ритма сердца (рис. 9). Поскольку после приема биодобавок в сочетании с действием НИЛИ улучшался обмен веществ в тканях и органах, предсказуемым было и улучшение нейроэнергообмена, что и было установлено в ходе исследования в ответ на анаэробную нагрузку. Результаты показали улучшение нейронального метаболизма в нейронах коры больших полушарий с достоверным снижением показателя УПП во всех областях (Fz; Cz; Oz; Tdz; Tsz), свидетельствующего о синтезе АТФ преимущественно путем окислительного фосфорилирования. В то время как, что у спортсменов с исходным преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции изменения в системе микроциркуляции и НЭК носили сравнительно плавный/сглаженный характер и достоверных изменений достигали только на третьем этапе тестирования, после комплексного применения биодобавок и НИЛИ (рис. 10).

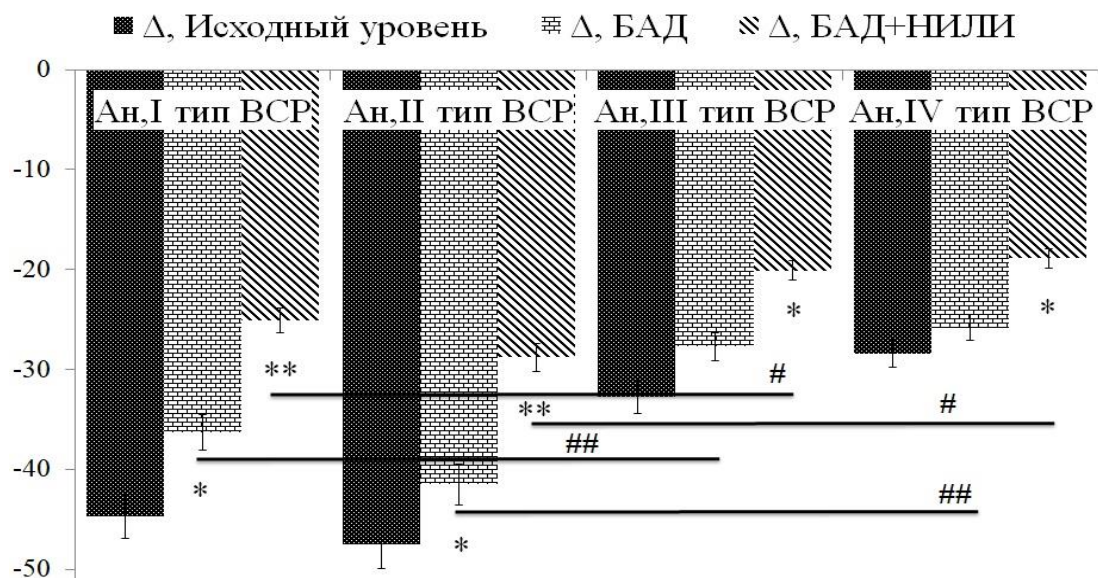


Рисунок 9. Сдвиги амплитуды нейрогенных колебаний (Ан) спринтеров I-IV типов ВСР после анаэробной нагрузки в процессе эксперимента (%)

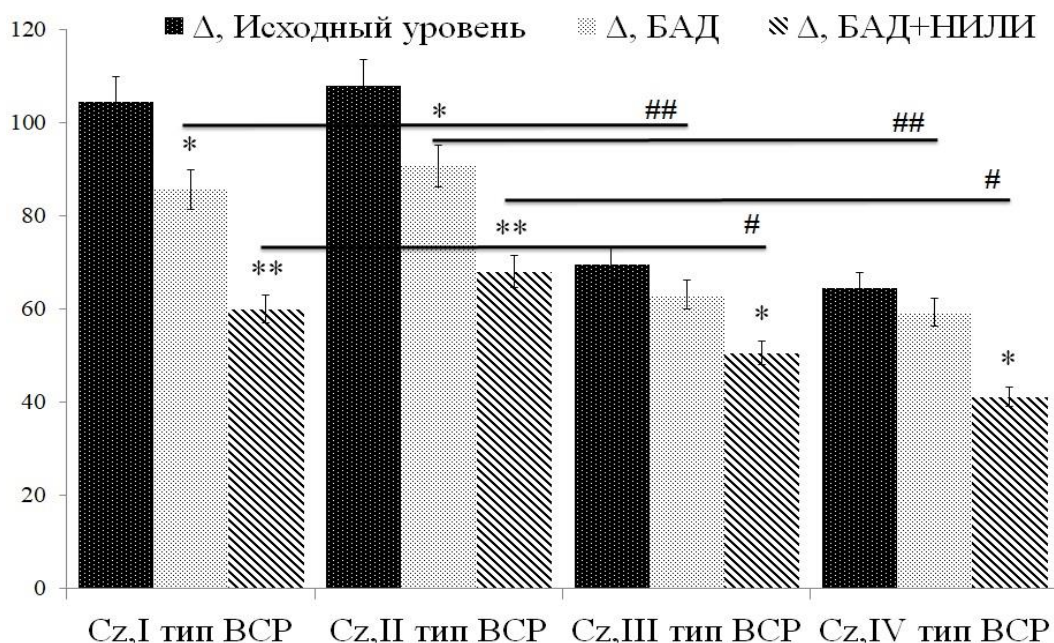


Рисунок 10. Сдвиги уровня постоянных потенциалов (УПП, Cz) в центральной области спринтеров I-IV типов ВСР после анаэробной нагрузки в процессе эксперимента (%)

- **Показатели функционального состояния у спринтеров экспериментальной группы с доминированием симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца после аэробной нагрузки**

Обнаружено, что аэробная нагрузка требовала значительно больших энергетических и пластических затрат и напряжения вегетативной регуляции в деятельности. Уровень сдвигов физиологических функций и нейровегетативной регуляции оказался существенно выше по сравнению с воздействием анаэробной нагрузки. Сравнительный анализ по типам регуляции сердечной деятельности показал, что достоверно более значимое улучшение функционирования кардиоваскулярной системы, её микроциркуляторного звена,

нейронального метаболизма отмечалось у спринтеров III и IV типа с исходно высоким потенциалом кровотока (рис. 11).

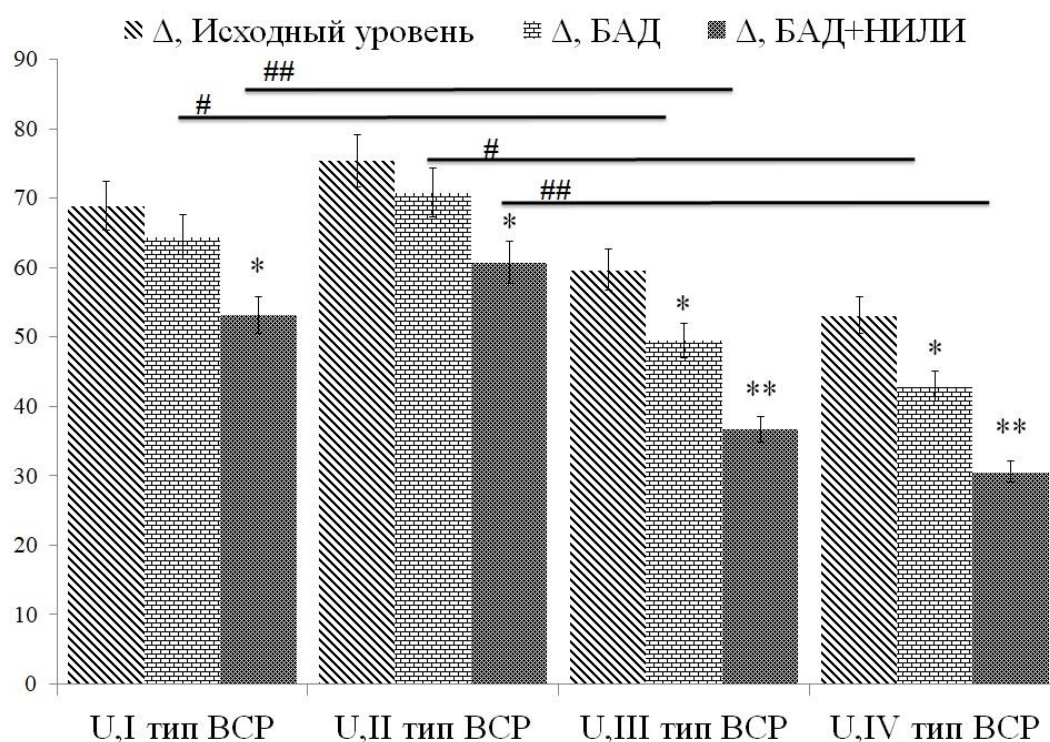


Рисунок 11. Сдвиги значений удельного потребления кислорода (U) спринтеров I-IV типов ВСР после аэробной нагрузки в процессе эксперимента (%)

ИЗМЕНЕНИЯ «ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕНЫ» СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТА У СПРИНТЕРОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И КОНТРОЛЬНОЙ ГРУПП

«Физиологическая цена» результата – главный системный критерий эффективности спортивной деятельности оценку, которой осуществляли по известной формуле: $\rho, \% = \sqrt{\sigma_{\text{СС}}^2 + \sigma_{\text{ЧД}}^2}$ (Классина С.Я., 2014), включив ведущие информативные маркеры по результатам собственного исследования, с целью изучения «нагрузочной ценности» каждого этапа реализации структурно-логической модели физиологического обоснования комплексного применения внутренировочных средств для потенцирования физической работоспособности атлетов.

- **Изменения «физиологической цены» достигнутого результата при физической нагрузке различной направленности у спринтеров экспериментальной группы**

Установлено (табл. 2), что применение биодобавок в комплексе с НИПИ достоверно снижало физиологическую цену достигнутого спортивного результата в тестах анаэробной направленности, однако в разной степени в зависимости от типа вегетативной регуляции. Наибольшая величина относительных сдвигов регистрируемых индикаторов, отражающих

снижение «физиологической цены» деятельности в динамике тренировочного цикла отмечена у атлетов с исходным доминированием симпатического отдела вегетативной нервной системы (I и II типы ВСР).

Таблица 2. Изменения «физиологической цены» (сдвигов: MxDMn/SI) на анаэробную нагрузку у спринтеров экспериментальной группы в динамике исследования

Этапы / Параметры		н., фон	п., фон	н., БАД	п., БАД	н., БАД + НИЛИ	п., БАД + НИЛИ
MxDMn	I тип	143,34 ±14,45	238,07 ±29,11	267,95 ±20,12	389,31 ±32,91	432,55 ±37,77	561,15 ±35,16
SI	ВСР	320,67 ±17,25	212,22 ±15,48	160,76 ±14,65	111,6 ±10,57	139,34 ±10,25	105,2 ±7,46
Δ MxDMn, %		-39,79±1,35		-31,17±1,24		-22,92±1,15	
Δ SI, %		51,10±2,14		44,05±2,03		32,42±1,85	
Δ ρ, %		64,77±2,45		53,96±2,05 (-16,6*)		39,73±1,70 (-26,3**)	
MxDMn	II тип	96,52 ±10,35	171,62 ±22,32	129,56 ±12,44	202 ±25,90	295,56 ±20,45	395,35 ±27,16
SI	ВСР	913,45 ±28,12	590,81 ±17,37	595,56 ±26,13	406,1 ±20,52	409,11 ±18,56	298,7 ±23,3
Δ MxDMn, %		-43,76±2,23		-35,86±1,56		-25,24±1,27	
Δ SI, %		54,61±2,47		-46,65±2,11		36,96±1,95	
Δ ρ, %		69,98±2,76		58,84±2,31 (-15,9*)		44,76±1,68 (-23,9**)	
MxDMn	III тип	246,62 ±20,11	346,77 ±26,72	373,56 ±32,18	490,2 ±29,31	550,76 ±25,12	663,32 ±31,95
SI	ВСР	96,64 ±8,12	71,25 ±5,81	67,76 ±4,07	51,46 ±3,67	43,52 ±2,98	34,02 ±2,85
Δ MxDMn, %		-28,88±1,31		-23,79±1,05		-16,97±0,85	
Δ SI, %		35,64±1,43		31,68±1,18		27,92±1,12	
Δ ρ, %		45,87±1,80		39,62±1,52 (-13,6)		32,68±1,22 (-17,5*)	
MxDMn	IV тип	375,56 ±22,78	502,75 ±32,32	425,16 ±35,45	544,45 ±33,97	612,23 ±29,34	746,94 ±36,20
SI	ВСР	37,72 ±3,45	28,46 ±2,67	30,62 ±1,15	23,88 ±1,40	20,34 ±1,54	16,54 ±1,15
Δ MxDMn, %		-25,30±1,08		-21,91±0,62		-18,03±0,45	
Δ SI, %		32,54±1,39		28,22±1,14		22,97	
Δ ρ, %		41,22±1,54		35,73±1,16 (-13,3)		29,21±0,95 (-18,2*)	

Обозначения: н. – значения параметра при нагрузке; п. – в состоянии покоя;

* - значимость внутригрупповых различий при $p < 0,05$; ** - при $p < 0,01$.

В то же время, на аэробную неспецифическую нагрузку до отказа снижение «физиологической цены» спортивной деятельности оказалось наиболее выраженным у атлетов с исходным преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции – с III и IV типами регуляции (табл. 3).

Далее представлена динамика физиологической «цены» тестирования сравнительная легкоатлетического бега на 100 метровой дистанции в полевых условиях по данным динамик значений ЧСС покоя (ЧСС₁), максимальных значений (ЧСС₃), на

3-й минуте восстановительного периода (ЧСС₂) в процессе эксперимента (табл. 4).

Таблица 3. Изменения «физиологической цены» (сдвигов: Ан/Ам) аэробной нагрузки до отказа у спринтеров экспериментальной группы в динамике исследования

Этапы / Параметры		н., фон	п., фон	н., БАД	п., БАД	н., БАД + НИЛИ	п., БАД + НИЛИ
Ан	I тип	5,34	13,31	8,53	18,85	16,12	28,35
		±0,22	±0,51	±0,51	±1,05	±0,85	±1,32
Ам	BCP	4,14	9,25	6,72	13,53	13,02	21,86
		±0,14	±0,31	±0,25	±0,78	±0,42	±0,93
Δ Ам, %		-59,88±2,54		-54,75±2,10		-43,14±1,62	
Δ Ан, %		-55,24±2,33		-50,33±1,87		-40,44±1,25	
Δ ρ, %		81,47±3,15		74,37±2,65 (-8,7)		59,13±2,07 (-20,4*)	
Ан	II тип	3,38	9,44	5,48	13,80	10,85	21,62
		±0,17	±0,54	±0,45	±1,13	±0,75	±1,93
Ам	BCP	2,45	6,32	4,29	9,81	8,76	16,12
		±0,11	±0,17	±0,24	±0,42	±0,40	±0,72
Δ Ам, %		-64,19±3,07		-60,29±2,70		-49,81±2,24	
Δ Ан, %		-61,23±2,96		-56,27±2,55		-45,66±1,88	
Δ ρ, %		88,72±4,14		82,47±3,85 (-7,1)		67,57±2,31 (-18,1*)	
Ан	III тип	8,15	16,25	12,25	20,53	20,56	28,42
		±0,28	±0,51	±1,03	±2,04	±1,75	±2,11
Ам	BCP	8,17	14,92	12,45	19,55	19,53	25,73
		±0,24	±0,51	±0,76	±1,17	±1,12	±1,62
Δ Ам, %		-49,85±2,83		-40,33±2,26		-27,66±1,42	
Δ Ан, %		-45,24±2,61		-36,32±2,35		-24,10±1,37	
Δ ρ, %		67,32±3,56		54,27±3,12 (-19,4*)		36,68±2,31 (-32,4**)	
Ан	IV тип	10,35	18,12	14,08	21,93	21,18	27,81
		±0,24	±0,51	±1,22	±1,62	±1,36	±1,82
Ам	BCP	9,25	15,63	12,56	18,54	18,41	23,79
		±0,20	±0,42	±1,04	±1,41	±1,20	±1,83
Δ Ам, %		-42,88±2,59		-35,80±2,44		-23,84±2,12	
Δ Ан, %		-40,82±2,43		-32,25±2,18		-22,61±1,83	
Δ ρ, %		59,20±3,61		48,18±2,94 (-18,6*)		32,86±1,72 (-31,7**)	

Обозначения: н. – значения параметра при нагрузке; п. – в состоянии покоя;

* - значимость внутригрупповых различий при $p < 0,05$; ** - при $p < 0,01$

Показано, что добавление в тренировочный процесс биодобавок «Билар» и «Мультикомплекса MDX» достоверно снижало «физиологическую цену» результата при выполнении спринта на 100-метровой дистанции только у представителей с доминированием центрального звена регуляции сердечного ритма, в I типе на 14,8%, во II типе на 13,9%, во всех случаях $p < 0,05$. Комплексное же применение БАД и НИЛИ уменьшало «нагрузочную ценность» для организма во всех группах спортсменов на 18,5-29,2%, во всех случаях $p < 0,01$. Выявлено также, что скорость восстановления значений ЧСС после курсового приема биодобавок более существенно повысилась в III типе на 14,8%, в IV типе на 15,9%, во всех случаях $p < 0,05$.

Таблица 4. Изменения «физиологической цены» (сдвигов: ЧСС₁/ЧСС₂/ЧСС₃)

на 100-метровой дистанции у спринтеров ЭГ в полевых условиях в динамике исследования

Этапы / Параметры		ЧСС ₃ (мах), фон	ЧСС ₁ , фон	ЧСС ₃ (мах), БАД	ЧСС ₁ , БАД, фон	ЧСС ₃ (мах), БАД + НИЛИ	ЧСС ₁ , БАД + НИЛИ, фон
ЧСС	I тип ВСР	167,12 ±2,45	81,45 ±1,98	147,85 ±1,80	77,45 ±2,14	130,34 ±1,33	74,11 ±1,53
ЧСС ₂ (3 мин)		122,12 ±1,54	81,45 ±1,98	108,12 ±1,32	77,45 ±2,14	91,45 ±0,86	74,11 ±1,53
Δ ЧСС ₁₋₃ , %		105,18±3,89		90,90±3,35		75,87±2,82	
Δ ЧСС ₁₋₂ , %		49,93±1,70		39,60±1,54		23,40±0,96	
Δ ρ, %		116,43±2,93		99,15±2,44 (-14,8*)		79,40±2,16 (-19,9**)	
% восстановления		52,52±1,80		56,43±1,94 (7,4)		69,16±2,15 (22,5*)	
ЧСС	II тип ВСР	173,34 ±2,52	83,56 ±2,44	155,67 ±2,14	80,53 ±1,78	135,58 ±1,37	75,84 ±1,59
ЧСС ₂ (3 мин)		126,41 ±1,63	83,56 ±2,44	114,54 ±1,42	80,53 ±1,78	96,71 ±0,92	75,84 ±1,59
Δ ЧСС ₁₋₃ , %		107,44±4,10		93,31±3,45		78,77±2,94	
Δ ЧСС ₁₋₂ , %		51,28±1,95		42,23±1,53		27,52±1,10	
Δ ρ, %		119,05±3,11		102,42±2,60 (-13,9*)		81,03±2,25 (-18,5**)	
% восстановления		52,27±1,75		54,73±1,80 (4,7)		65,06±1,96 (18,8*)	
ЧСС	III тип ВСР	148,31 ±2,20	74,55 ±1,36	137,71 ±1,44	70,93 ±0,96	115,31 ±1,73	67,12 ±0,52
ЧСС ₂ (3 мин)		107,43 ±1,23	74,55 ±1,36	95,21 ±0,86	70,93 ±0,96	74,89 ±0,45	67,12 ±0,52
Δ ЧСС ₁₋₃ , %		98,94±2,67		94,15±2,25		71,80±1,65	
Δ ЧСС ₁₋₂ , %		44,10±1,89		34,23±1,75		11,58±0,88	
Δ ρ, %		108,33±3,12		100,18±2,44 (-7,5)		72,72±1,98 (-27,4**)	
% восстановления		55,42±1,90		63,64±2,35 (14,8*)		83,87±2,72 (31,7**)	
ЧСС	IV тип ВСР	133,45 ±2,20	70,52 ±1,15	125,14 ±0,85	67,43 ±0,38	102,41 ±0,65	62,45 ±0,59
ЧСС ₂ (3 мин)		100,14 ±1,18	70,52 ±1,15	89,72 ±0,92	67,43 ±0,38	69,18 ±0,51	62,45 ±0,59
Δ ЧСС ₁₋₃ , %		89,24±2,55		85,59±2,14		63,99±1,50	
Δ ЧСС ₁₋₂ , %		42,01±1,73		33,06±1,52		10,78±0,73	
Δ ρ, %		98,63±2,63		91,75±2,32 (-6,9)		64,89±1,64 (-29,2*)	
% восстановления		52,93±1,75		61,37±2,12 (15,9*)		83,15±2,63 (35,4**)	

Обозначения: * - значимость внутригрупповых различий при $p < 0,05$; ** - при $p < 0,01$.

Комплексное же применение БАД и НИЛИ способствовало более существенному восстановлению ЧСС во всех группах атлетов, однако в большей степени у спортсменов с III-IV типами - на 31,7-35,4%, во всех случаях ($p < 0,05-01$).

Полученные результаты позволяют рекомендовать апробированные внутренировочные средства не только в качестве «инструмента» потенцирования физической работоспособности спортсменов, но и как метод ускорения процессов восстановления организма после физических нагрузок и спортивных тренировок.

ОТСТАВЛЕННЫЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВНЕТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ

- **Относительные изменения показателей функционального состояния спринтеров ЭГ с III типом ВСР через 30 дней после комплексного применения внутрениривочных средств после 28-дневного курса БАД+НИЛИ и исходным данным**

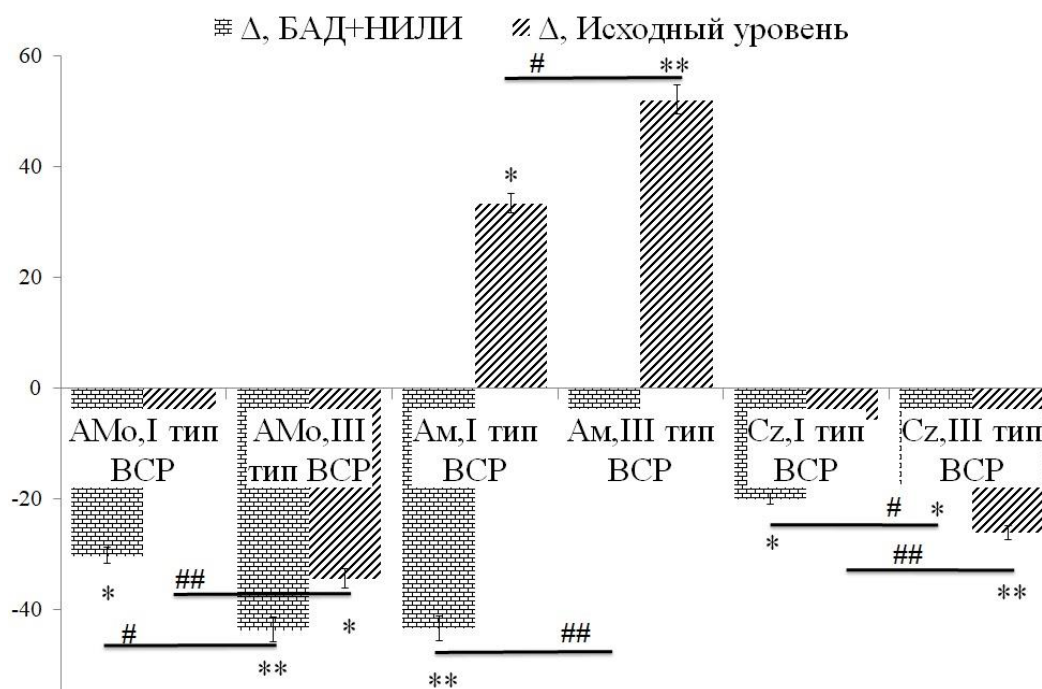


Рисунок 12. Сдвиги показателей ВСР, микроциркуляции крови, НЭК спринтеров ЭГ с I и III типом ВСР через 30 дней после комплексного применения внутрениривочных средств после 28-дневного курса БАД+НИЛИ и исходным данным (%)

Установлено, что отставленный эффект применения комплекса БАД и НИЛИ, обеспечивающий снижение степени напряжения регуляторных кардиальных механизмов, улучшение функционирования кардиоваскулярной системы, её микроциркуляторного звена, нейронального метаболизма отмечается и спустя 30 дней с сохранением определенных типологических особенностей. При этом наибольшие позитивные сдвиги в комплексе значений обозначенных индикаторов как по отношению к исходным данным, так и к значениям после курса применения внутрениривочных средств отмечены у атлетов с исходным преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции (рис. 12).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В спорте высших достижений большое значение уделяется индивидуальной подготовке атлетов с учётом генетических, анатомо-морфологических и биохимических характеристик организма. В последнее время персонифицированный подход успешно применяется при изучении индивидуальных особенностей вегетативной регуляции функций с применением

современных методов анализа ВСР (Шлык Н.И., 2016). Наши исследования показали, что среди легкоатлетов-спринтеров чаще других встречались спортсмены с I и III типами (умеренный сдвиги как в сторону преобладания вагусных, так и симпатических влияний), реже – со II и IV типами регуляции, что согласуется с данными других авторов, выполненных у пауэрлифтеров (Калабин О.В., 2018); у гиревиков (Мишин Н.П., 2018); у лыжниц-гонщиц (Шлык Н.И., 2020); у футболисток (Шумихина И.И., 2021). Установлено, что атлеты с разными типами регуляции сердечного ритма значительно различались и по параметрам микроциркуляции, энергетического потенциала мозга, уровню физической работоспособности. Очевидно, что организмом наследует определенные задатки, что значительно подтверждает генетическую предрасположенность и прогностическую валидность типов регуляции, однако выраженность типологических различий может меняться, в том числе под влиянием систематических тренировок (Schmitt L., 2018; Rave G., 2018; Deus L.A., 2019).

Общепризнанно, что повышение рабочего потенциала спортсмена путем увеличения объема и интенсивности нагрузок практически исчерпано (Cardoos N., 2015; Nieman D.C., 2018; Беляева М.А., 2019; Курашвили В.А., 2020). С целью потенцирования работоспособности легкоатлетов и уменьшения отрицательного воздействия на организм чрезмерных тренировочных нагрузок в работе были применены БАВ природного происхождения в комплексе с курсом НИЛИ. Впервые нами обнаружено, что формирование резистентного состояния атлетов и прирост показателей аэробной и анаэробной работоспособности происходили последовательно с сохранением типологических различий, «затрагивая» все уровни системной интеграции механизмов обеспечения прироста спортивных результатов. Подтверждено, что природные биологически активные соединения обладали «мягким» корригирующим эффектом и проявляли свои свойства в случае выраженных отклонений в работе органов и систем организма (Каркищенко Н.Н., 2017; Тошев А.Д., 2018; Брук Т.М., 2019; Толмачев О.А., 2019). Нами доказано, что наиболее выраженный эффект в перестройках индикаторов нейронального метаболизма, нейро-вегетативной регуляции, гемодинамики и микроциркуляции проявился при комплексном применении изученных внутренировочных средств и сохранялся в отставленном периоде (рис. 13).

Установлено, что на клеточном уровне с участием аминокислот, содержащихся в «Биларе» и «Мультикомплесе MDX» усиливался синтез коферментов НАДН и ФАД, которые, включаясь в дыхательную цепь митохондрий, активизировали синтез АТФ. Такой эргогенный эффект обнаружен в ходе велоэргометрического, кардиореспираторного и полевого тестирования по данным сдвигов основных индикаторов их потенцирования в максимальной частоте движений (F_{max}), мощности выполненной работы (N_{max}), коэффициенте выносливости (КВ), относительных величинах МПК, ПАНО, кислородном пульсе, мощности последней ступени нагрузки в тесте до отказа (W), прыжке вверх по

Абалакову, времени контакта с платформой. Напротив, в состоянии покоя повышалась экономичность функционирования организма. В частности в системе микроциркуляции крови снизились сдвиги в показателях удельного потребления кислорода тканями, содержания кофермента ФАД, что рассматривается рядом авторов (Карнаухов В.Н., 2002; Дунаев А.В., 2021) как переход митохондрий в состояние относительного покоя. При этом нейро-вегетативный статус смещался в сторону доминирования парасимпатического отдела вегетативной нервной системы с уменьшением сдвигов АМо, SI, LF, LF/HF.

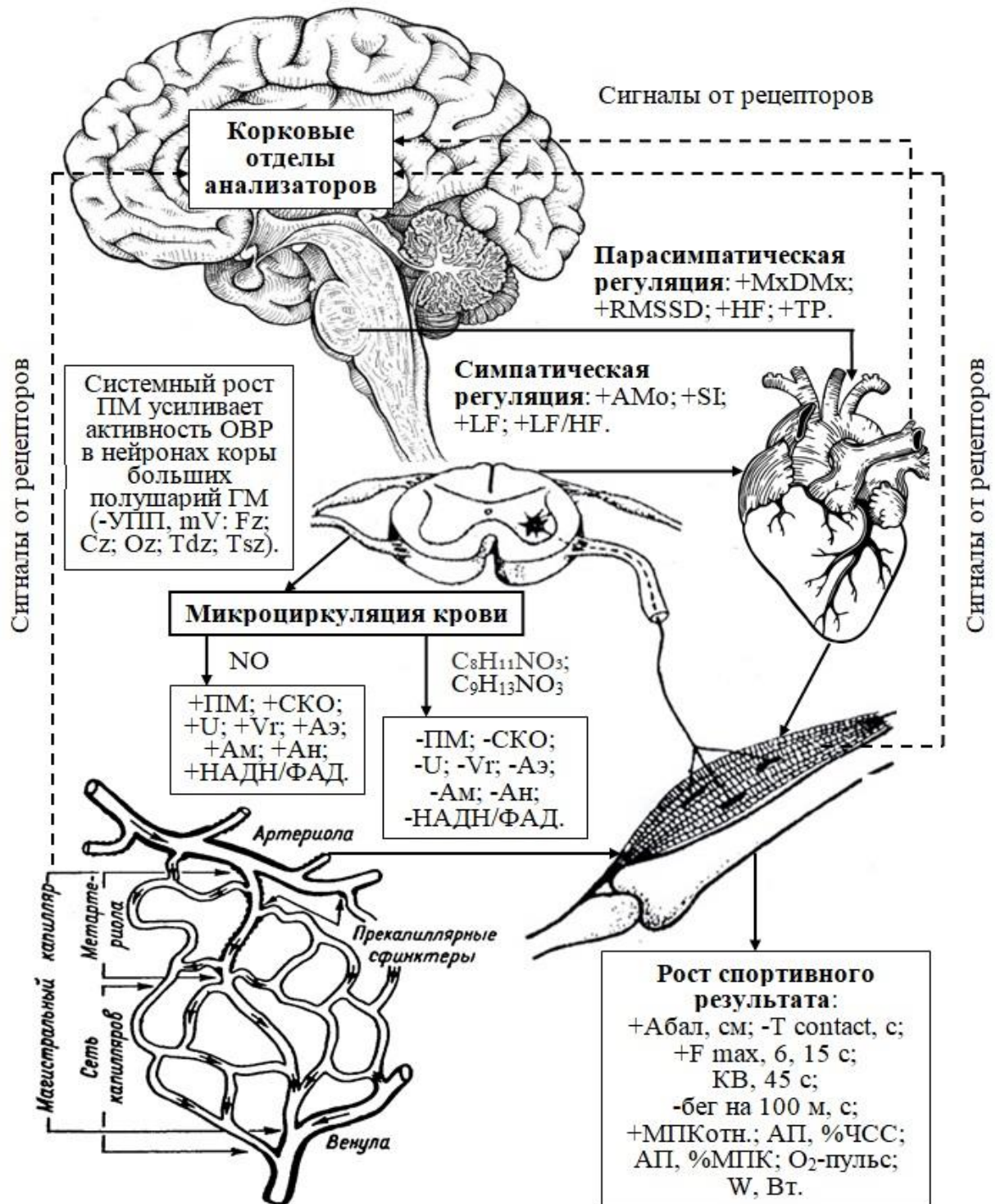


Рисунок 13. Физиологические механизмы реализации комплексного применения внутренировочных средств потенцирования физической работоспособности спортсменов при воздействии физической нагрузки различной направленности

На локальном уровне установлено, что к вазодилататорному эффекту оксида азота (NO) в ответ на лазерное излучение (Murrey R.K., 1996; Boegli Y., 2003; Thompson C., 2016), присоединялось снижение тонуса гладкомышечных клеток артериол (Ан) и прекапиллярных сфинктеров (Ам), обусловленное уменьшением рефлекторного влияния симпатического отдела ВНС, как в состоянии покоя, так при выполнении нагрузки различной направленности. Доказано, что в ЦНС происходило улучшение оксигенации корковых нейронов за счет устранения ацидоза церебральной жидкости, о чем свидетельствовало снижение сдвигов УПП преимущественно в лобной (Fz), центральной (Cz) и затылочной области (Oz). На уровне рефлекторного ответа лазерный свет выполнял регулируемую функцию по восстановлению вегетативного баланса, способствовал разворачиванию трофотропных процессов, направленных на сохранение энергетических и пластических ресурсов. В частности, в ССС выявлено усиление автономного механизма управления сердечной деятельностью (MxDMn, TP, HF, RMSSD, pNN50%) на фоне снижения активности центрального механизма (SI, AMo, LF/HF, ЧСС).

Впервые выявлено, что типологические особенности вегетативной регуляции проявлялись и в корреляционных связях прироста спортивного результата и сдвигов основных индикаторов его обеспечения, что открывает перспективы к персонализации как режима тренировок, так и прогнозирования физиологической «цены» получаемого спортивного результата.

Таким образом, применяя мультисистемный подход дополненный типологией variability сердечного ритма (Шлык Н.И., 2016), в оценке влияния биодобавок и НИЛИ на организм спортсменов было выявлено достоверное улучшение маркёров по отдельным компонентам целостного ответа на исследуемые интервенции. Применение тестовых физических нагрузок привело к функциональному эффекту максимизации и повышению анаэробной, аэробной работоспособности, а также специальной физической подготовленности, обеспечивающих повышение спортивного результата в беге на 100 метров за счёт взаимосвязи различных «блоков» изменений регистрируемых параметров и снижения физиологической цены мышечной работы, отражающей качественную степень достигнутого уровня тренированности. Показано сохранение отставленного эффекта после комплексного применения внутренировочных средств, проявляющееся в усилении механизмов автономной регуляции сердца, уменьшении активности симпатического отдела ВНС, улучшении микроциркуляции крови, что является важным дополнением концепции минимизации функционального напряжения кардиоваскулярной системы во время приспособления организма к напряженным физическим нагрузкам. Раскрытие механизмов действия физиологически активных веществ, содержащихся в изученных биодобавках, на энергетический и пластический обмен, формирует убедительную доказательную базу их

широкого системного применения. Сочетанное применение БАД в комплексе с низкоинтенсивным лазерным излучением представляет приоритетную альтернативу употреблению фармпрепаратов, несущих потенциальную опасность для здоровья атлета.

ВЫВОДЫ:

1. В основе концепции расширения адаптационных возможностей организма спортсменов в условиях комплексного применения биодобавок различного биологического происхождения и низкоинтенсивного лазерного излучения лежит мультисистемный подход, в своей совокупности обеспечивающий их эффективное применение при воздействии тестовых нагрузок анаэробной и аэробной направленности, а структурно-логическая модель поэтапного их внедрения в течение 28-дневного тренировочного мезоцикла позволила обосновать физиологические механизмы потенцирования физической работоспособности;

2. Выявлено наличие четырех типов вегетативной регуляции сердечной деятельности легкоатлетов-спринтеров с обоснованием дифференцированного подхода в оценке функционального состояния кардиоваскулярной системы, её микроциркуляторного звена, нейронального метаболизма в покое и выполнении физических нагрузок;

3. После курсового применения биодобавок и НИЛИ как отдельно, так и в комплексе в состоянии покоя, отмечалось значимое снижение напряженности нервной регуляции по уровню УПП, отражающего повышение энергетического потенциала нейронов коры больших полушарий; вегетативного обеспечения – усиление перфузии, флакса, диффузии кислорода в ткани и его участие в окислительно-восстановительных реакциях на уровне митохондрий, улучшение работы местных механизмов микроциркуляции крови, что отразилось в повышении физической подготовленности, анаэробной мощности в большей степени у атлетов с исходным доминированием симпатического отдела вегетативной нервной системы, аэробной работоспособности – у спортсменов с преобладанием автономных, парасимпатических механизмов регуляции;

4. Обнаружены корреляционные связи на уровне ($r=0,7-0,9$) между важнейшими характеристиками функционального состояния и физической работоспособности с выявлением ведущих маркеров в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма и оценено их значение в беге на короткие дистанции при использовании оригинального комплекса внутренировочных средств;

5. Вегетативное обеспечение важнейших функциональных систем организма спортсменов после курсового применения биодобавок и НИЛИ зависело от преобладающего типа ВСР. В условиях выполнения анаэробной работы наибольшие её положительные изменения отмечались у атлетов с доминированием симпатического отдела ВНС, уменьшая излишний вазоконстрикторный эффект сосудов микроциркуляции крови, повышая

энергетический потенциал нейронов коры больших полушарий головного мозга, снижая степень напряженности работы сердечной мышцы. В то же время, аэробная физическая нагрузка вызывала более значимые структурные сдвиги в основных показателях вышеперечисленных систем, тем самым уменьшая физиологическую цену достигнутого результата, способствуя росту процента восстановления ЧСС в полевых условиях у представителей с преобладанием парасимпатической регуляции на ритм сердца;

6. Установлено, что отставленный эффект комплексного применения биодобавок и НИЛИ сохранился через 30 дней после прекращения их использования, что проявилось в достоверном снижении напряженности механизмов регуляции сердечного ритма, улучшении обмена веществ на уровне системы микроциркуляции крови в большей степени у спортсменов с исходным доминированием парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Статьи в журналах, рецензируемых ВАК

Наиболее значимыми являются:

1. **Терехов П.А.** Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на проявление скоростно-силовых качеств и показателей специальной работоспособности спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Балабохина Т.В., Титов В.А. // Лечебная физическая культура и спортивная медицина. – 2011. – № 9. – С. 33-36.

2. **Терехов П.А.** Механизм влияния низкоинтенсивного лазерного излучения на анаэробную работоспособность спортсменов различных видов спорта / Терехов П.А., Брук Т.М. // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 11. – С. 15-19.

3. **Терехов П.А.** Оценка сохранности эффекта однократного лазерного излучения частотой следования импульсов 1500 Гц по показателям анаэробной работоспособности спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Косорыгина К.Ю., Самойлина Т.И. // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2014. – № 5 (125) – С. 4-9.

4. **Терехов П.А.** Состояние системы внешнего дыхания и кровообращения на действие физической нагрузки и нетрадиционных средств повышения работоспособности спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Осипова Н.В. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 36-41.

5. **Терехов П.А.** Влияние специфической физической нагрузки на анаэробную работоспособность спортсменов в зависимости от типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма / Терехов П.А., Брук Т.М., Титкова Н.Д. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 28-35.

6. **Терехов П.А.** Ведущие маркеры функциональной подготовленности и здоровья легкоатлетов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Осипова Н.В., Евсеева М.А. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 27-33.

7. **Терехов П.А.** Особенности энергетического обмена нейронов коры головного мозга в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма у многоборцев разного уровня мастерства / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Косорыгина К.Ю. // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 19, № 2. – С. 16-21.

8. **Терехов П.А.** Влияние биологически активной добавки на основе гомогената трутневых личинок на микроциркуляцию и обмен веществ у лыжников-гонщиков / Терехов

- П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Прохода И.А., Никитюк Д.Б., Ключкова С.В. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 88-95.
9. **Терехов П.А.** Особенности функционального состояния и специальной работоспособности высококвалифицированных спортсменов с учётом типа вегетативной регуляции сердечного ритма / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Толстой О.А. // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2018. – № 2 (62). – С. 28-32.
10. **Терехов П.А.** Использование специализированного пищевого продукта для повышения функционального состояния легкоатлетов / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Никитюк Д.Б., Ключкова С.В. // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 5. – С. 167.
11. **Терехов П.А.** Комплексное применение природных биостимуляторов в тренировочном процессе высококвалифицированных легкоатлетов / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю. // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 5. – С. 135-139.
12. **Терехов П.А.** Корреляционная матрица выявления информативных показателей оценки функционального состояния, анаэробной работоспособности и физической подготовленности высококвалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Николаев А.А. // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2018. – № 2 (62). – С. 154-159.
13. **Терехов П.А.** Эффективность воздействия комплексного применения физических и эргогенных средств на показатели специальной физической подготовленности и анаэробной работоспособности высококвалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Осипова Н.В., Зюкин А.В. // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2019. – № 1 (65). – С. 113-119.
14. **Терехов П.А.** Влияние биопродукта из молочной сыворотки на обменные процессы в системе микроциркуляции крови / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S1. – С. 121-127.
15. **Терехов П.А.** Физиологические механизмы воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на специальную физическую работоспособность высококвалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Верлин С.В. // Вестник РГМУ. – 2019. – № 5. – С. 123-131.
16. **Терехов П.А.** Корреляционные взаимосвязи величины прироста результатов в спринтерском беге с показателями функционального состояния и физической подготовленности высококвалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М. // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2019. – № 1 (65). – С. 157-165.
17. **Терехов П.А.** Лазерная фотостимуляция микрососудов кожи у спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Осипова Н.В. // Лазерная медицина. – 2019. – № 23 (3). – С. 20-24.
18. **Терехов П.А.** Применение природного продукта из молочной сыворотки для повышения функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов в отдельных видах легкой атлетики / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю. // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2020. – № 3 (33) – С. 62-70.
19. **Терехов П.А.** Возрастные особенности перестройки микроциркуляторно-тканевых отношений / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Палецкий Д.Ф., Никитина В.С., Терехова А.А. // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2020. – № 1 (31) – С. 65-75.

20. **Терехов П.А.** Особенности функционирования системы микроциркуляции у футболистов с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 2. – С. 129-137.

21. **Терехов П.А.** Особенности анаэробной работоспособности биатлонистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма / Терехов П.А., Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Осипова Н.В. // Журнал медико-биологических исследований. – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 368-377.

22. **Терехов П.А.** Способ повышения работоспособности организма при физической нагрузке (патент на изобретение № 2710364). Дата регистрации: 26.12.19 г. / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Осипова Н.В., Косорыгина К.Ю., Правдивцев В.А., Евсеев А.В. // Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования: «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU).

Публикации в журналах, индексируемых в базе данных РИНЦ

Наиболее значимыми являются:

1. **Терехов П.А.** Информационные маркеры анаэробной работоспособности высококвалифицированных велосипедисток-спринтеров в подготовительном периоде и средства её стимулирования низкоинтенсивным лазерным излучением / Терехов П.А., Брук Т.М., Балабохина Т.В., Осипова Н.В. // Материалы XIV Международной научной сессии «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму». – Минск, Республика Беларусь, 2016. – С. 31-35.

2. **Терехов П.А.** Влияние сочетанного действия низкоинтенсивного лазерного излучения и физической нагрузки на энергообмен коры головного мозга и нейроэндокринный статус высококвалифицированных шорт-трековиков / Терехов П.А., Брук Т.М., Стрельчева К. А. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и российско-китайского симпозиума «Проблемы функциональных состояний и адаптации в спорте», посвященных 120-летию НГУ им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 27-30.

3. **Терехов П.А.** Влияние специализированных пищевых добавок на процессы восстановления у высококвалифицированных легкоатлетов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Косорыгина К.Ю., Осипова Н.В. // Матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. «Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации». – Краснодар, 2018. – С. 293-295.

4. **Терехов П.А.** Критерии эффективности комплексного применения низкоинтенсивного лазерного излучения в подготовке квалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М. // Матер. междунар. научно-практ. конф. «II Европейские игры – 2019: псих-пед. и мед.-биол. аспекты подготовки спортсменов». – Минск: БГУФК, 2019. – Ч. 2. – С. 53-56.

5. **Терехов П.А.** Анализ энергетической активности мозга по данным нейробиодинамического тестирования при комплексном воздействии эргогенных и физико-терапевтических средств потенцирования на организм спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Смолдовская И.О. // Матер. XXV междунар. научн. конгресса «Олимпийский спорт и спорт для всех». – Минск: БГУФК, 2020. – Ч. 2. – С. 326-332.

6. **Терехов П.А.** Характер влияния специализированного пищевого комплекса

«Мультикомплекс MDX» на типологические особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у высококвалифицированных спортсменов в отдельных видах легкой атлетики / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б. // Материалы международного университетского форума «Science. Education. Practice». – Canada, Toronto, 2020. – Part 2. – С. 149-155.

7. **Терехов П.А.** Особенности variability сердечного ритма у шорт-трековиков при ортостатической пробе с учётом гендерных различий / Терехов П.А., Кротова К.А. // Матер. VII всерос. конф. «BCP: теор. аспекты и практическое применение в спорте и массовой физкультуре». – Ижевск, 2021. – С. 158-162.

8. **Терехов П.А.** Влияние эргогенных и физических средств потенцирования физической работоспособности на энергетический обмен нейронов больших полушарий головного мозга у квалифицированных спортсменов / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Терехова А.А. // Proceedings of the International Conference «Process Management and Scientific Developments». – Birmingham, United Kingdom, 2021. Part 1. – P. 144-149.

9. **Терехов П.А.** Влияние физических и эргогенных средств потенцирования физической работоспособности на функциональное состояние организма спортсменов с учётом типа вегетативной регуляции сердечного ритма / Терехов П.А., Брук Т.М., Литвин Ф.Б., Терехова А.А. // Матер. II межд. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии спортивной медицины и реабилитологии». – Минск: БГУФК, 2021. – С. 239-243.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АМо, % – значение амплитуды моды;

Fmax1, 2, об/мин – максимальная частота движений (6-секундный тест, 1 и 2 проба);

Fz, Cz, Oz, Tdz, Tsz, mV – регистрация уровня постоянного потенциала в лобной, центральной, затылочной, правой и левой височной области;

HF, мс² – мощность высокочастотной области спектра;

J2, Вт/с – градиент прироста мощности во время выполнения первого движения;

LF, мс² – мощность низкочастотной части спектра;

LF/HF, усл. ед. – индекс вагосимпатического взаимодействия;

MxDMn, мс – вариационный размах;

Nmax1, 2, 3, 4, Вт – максимальная мощность работы (6-, 2 пробы, 15- и 45-секундный тест);

Not2, 3, 4, Вт/кг – относительная мощность работы (6-, 2 пробы, 15- и 45-секундный тест);

SI, усл. ед. – значения стресс-индекса;

TP, мс² – суммарная (тотальная) мощность спектра колебаний ритма сердца;

U, усл. ед. – величина удельного потребления кислорода;

VLF, мс² – мощность очень низкочастотной части спектра;

Vr, % – концентрация эритроцитов (величина гематокрита) в зондированном объеме крови;

W, Вт – мощность нагрузки при достижении уровня МПК;

Ад, п.е. – амплитуда дыхательных колебаний, в перфузионных единицах;

Ам, п.е. – амплитуда миогенных колебаний в перфузионных единицах;

Ан, п.е. – амплитуда нейрогенных колебаний, в перфузионных единицах;

АП, %МПК – анаэробный порог по отношению к МПК (%);

АП, %ЧСС – анаэробный порог по отношению к ЧСС в момент МПК (%);

Ас, п.е. – амплитуда сердечных колебаний, в перфузионных единицах;

Аэ, п.е. – амплитуда колебания эндотелиоцитов, в перфузионных единицах;

БАВ – биологически активные вещества;

БАД – биологически активные добавки;

ВНС – вегетативная нервная система;

ВЭК, л – вентиляционный эквивалент кислорода;

ДК, усл. ед. – дыхательный коэффициент;

КИО₂, мл/л – коэффициент использования кислорода;

ЛВ, л/мин – легочная вентиляция;
МПК, л/мин – максимальное кислородное потребление в абсолютных величинах;
МПК, мл/мин/кг – максимальное кислородное потребление в относительных величинах;
НАДН/ФАД, усл. ед. – соотношение спектров флуоресценции восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида и окисленной формы флавинадениндинуклеотида;
НИЛИ – низкоинтенсивное лазерное излучение;
НЭК – нейроэнергокартирование;
ОВР – окислительно-восстановительные реакции;
ПАНО – порог анаэробного обмена;
СКО – среднее квадратическое отклонение в перфузионных единицах;
СР – сердечный ритм;
СФП – специальная физическая подготовленность;
ЭХС – электронно-хронометрическая система.