На правах рукописи

Рыбина Ирина Леонидовна

Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам

14.03.11 – восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва – 2016

Диссертационная работа выполнена в центре совершенствования системы подготовки высококвалифицированных спортсменов Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)

Научный консультант: **Ширковец Евгений Аркадьевич**
доктор педагогических наук, профессор
главный научный сотрудник центра совершенствования системы подготовки высококвалифицированных спортсменов ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

Официальные оппоненты:
Фудин Николай Андреевич
доктор биологических наук, профессор,
заместитель директора, заведующий лабораторией системных механизмов спортивной деятельности Научно–исследовательского института нормальной физиологии им П.К. Анохина

Орлов Владимир Александрович
доктор биологических наук, профессор,
заведующий лабораторией «Резервы здоровья человека» Государственного научного центра РАН РФ «Институт медико-биологических проблем»

Смоленский Андрей Вадимович
доктор медицинских наук, профессор,
директор НИИ спортивной медицины, заведующий кафедрой спортивной медицины Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)

Ведущая организация: Московский Городской педагогический университет «Педагогический институт физической культуры и спорта»

Защита диссертации состоится
на заседании диссертационного совета Д 311.002.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК) по адресу: 105005, Москва, Елизаветинский переулок, д.10, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК) и на сайте http://www.vniifk.ru

Автореферат разослан «_____»_____2016 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент Сафонов Леонид Вячеславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью разработки эффективных методов и критериев оценки адаптации организма спортсменов к высокоинтенсивным физическим нагрузкам.

Система подготовки спортсменов в циклических видах спорта на современном этапе характеризуется возрастанием интенсивности тренировочного процесса, находящегося на пределе физических возможностей (Верхошанский Ю.В., 1993, Матвеев Л.П., 1999, Платонов В.Н., 2005 и др.). Контроль течения адаптационных процессов требует адекватных и информативных методов. Биохимические методы исследования в значительной степени отвечают вышеуказанным требованиям и широко используются для оценки воздействия физических нагрузок на организм спортсменов (Яковлев Н.Н., 1974, Виру А.А., 1987, Рогозкин В.А., 1990, Волков Н.И., 2000, Gleeson M., 2002, Михайлов С.С., 2004, Brancaccio P. at al., 2010, Никулин Б.А. с соавт., 2011, Banfi G. and al., 2012, и др.). Специалистами, работающими в области спортивной биохимии, постоянно осуществляется поиск надежных методов и диагностических тестов, наиболее точно отражающих картину изменений метаболизма при высокоинтенсивных физических нагрузках (Gleeson M., 2002, Макарова Г.А., 2006, 2008, Banfi G., 2008, 2010, Brancaccio P. at al., 2008, 2010, Дорофейков В.В. с соавт., 2013, Макарова Г.А. с соавт., 2013 и др.).

Важным условием эффективного использования биохимических методов оценки адаптации является правильная их интерпретация. Только в этом случае оправдано их применение для коррекции тренировочного процесса и медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов. Это требует дальнейшего изучения факторов, влияющих на эффективность клинико-лабораторного контроля, разработки и совершенствования оценочных критериев.

Клинико-лабораторные обследования по содержанию и объему должны максимально соответствовать целям и задачам тренировочного процесса. Для определения предельности напряженности тренировочных нагрузок в экстремальных условиях необходимы адекватные и информативные методы клинико-лабораторного контроля. При оценке адаптации к тренировочным нагрузкам необходимо принимать во внимание генетические особенности организма спортсмена (Рогозкин В.А., 2006, Ахметов И.И., 2009, Bouchard C., 2011).

Высокий уровень качества выполняемых исследований является непременным условием эффективности клинико-лабораторного контроля (Меньшиков В.В., 1999, Bonini P., 2002). Основные положения стандарта качества обязатель-

ны к применению при выполнении клинико-лабораторных исследований в спорте высших достижений (Banfi G., Dolci A., 2003).

Цель исследования: разработка системы оценки адаптационных изменений в организме высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам с использованием методов клинико-лабораторного контроля.

Объект исследования: учебно-тренировочный процесс подготовки высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта. Функциональное состояние спортсменов циклических видов спорта.

Предмет исследования: управление учебно-тренировочным процессом в циклических видах спорта, клинико-лабораторные характеристики процессов адаптации организма спортсменов к высокоинтенсивным физическим нагрузкам.

Контингент исследования: высококвалифицированные спортсмены национальных команд Республики Беларусь циклических видов спорта (мастера спорта и мастера спорта международного класса).

Задачи исследования:

1. Разработать схему учета факторов преаналитического и постаналитического этапов исследования в спортивной биохимии и гематологии.

2. Выявить особенности срочной адаптации организма спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам с использованием методов клинико-лабораторного контроля.

3. Изучить закономерности изменения клинико-лабораторных показателей при долговременной адаптации организма спортсменов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам и установить их физиологические значения.

4. Оценить взаимосвязь данных клинико-лабораторного обследования с успешностью соревновательной деятельности и установить диагностическую информативность клинико-лабораторных методов контроля тренировочного процесса.

5. Выявить особенности адаптации организма спортсменов под влиянием тренировочных нагрузок в условиях гипоксии и при изменении климато-поясных кондиций с использованием методов клинико-лабораторного контроля.

6. Оценить влияние генотипических особенностей организма спортсмена на процессы биохимической адаптации к высокоинтенсивным физическим нагрузкам.

Гипотеза: разработка системы биохимических критериев оценки реакции организма спортсменов на тренировочные нагрузки различной направленности

позволит индивидуализировать тренировочный процесс и повысить эффективность подготовки спортсменов высокой квалификации.

Научная новизна исследования заключается в следующем.

Впервые разработана схема учета факторов преаналитического и постаналитического этапов исследования в спортивной биохимии и гематологии, позволяющая повысить качество лабораторной диагностики.

Получены физиологические значения клинико-лабораторных показателей в капиллярной крови спортсменов циклических видов спорта с учетом вида спорта, пола, этапа подготовки и направленности тренировочного процесса.

Впервые разработан новый оригинальный подход к оценке диагностической информативности данных клинико-лабораторного мониторинга для прогнозирования результатов соревновательной деятельности. Установлены клинико-лабораторные критерии оценки адаптации организма спортсменов к нагрузкам различной направленности. Получены новые данные о характере напряженности метаболизма у спортсменов циклических видов спорта на различных этапах тренировочного процесса, а также в гипоксических условиях и при климато-поясной адаптации. Выявлено влияние особенностей генотипа спортсмена на характер течения адаптационных процессов при напряженных тренировочных нагрузках.

Теоретическая значимость исследования заключается в научном обосновании воздействия высокоинтенсивных физических нагрузок различной направленности на общие закономерности и индивидуальные особенности течения метаболических процессов в организме спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта. Предложен методический подход оценки диагностической информативности клинико-лабораторных показателей. Показана возможность применения результатов клинико-лабораторного тестирования в системе прогнозирования соревновательной деятельности. Результаты исследования способствуют расширению представления о характере метаболической адаптации к напряженной мышечной деятельности у спортсменов циклических видов спорта. Показано влияние генетического полиморфизма на адаптационные процессы.

Практическая значимость. Установлен оптимальный набор клинико-лабораторных критериев эффективного управления тренировочным процессом в циклических видах спорта, которые могут применяться для оценки переносимости тренировочных нагрузок на различных этапах подготовки. Определены эффективные клинико-лабораторные тесты для решения различных задач медико-биологического мониторинга тренировочного процесса. Показана возможность

использования данных биохимического контроля в оценке перспективности высокого уровня функционального состояния в соревновательном периоде.

Практические результаты работы могут быть использованы в рамках медико-биологического обеспечения тренировочного процесса спортсменов циклических видов спорта, а также при преподавании циклов медико-биологических дисциплин в медицинских учебных заведениях, на семинарах и курсах повышения квалификации тренеров и спортивных врачей национальных команд.

Результаты исследований внедрены в практику медико-биологического обеспечения спортсменов национальных команд Республики Беларусь по биатлону и гребле на байдарках и каноэ, Республиканского центра олимпийской подготовки по зимним видам спорта «Раубичи» и Республиканского центра олимпийской подготовки по водным видам спорта, а также в учебный процесс Учреждения образования «Высшая школа тренеров» и Белорусского государственного университета физической культуры.

Результаты данной работы использовались в процессе медико-биологического сопровождения национальной команды Республики Беларусь по биатлону к Олимпийским играм 2010 года в г. Ванкувере и 2014 года в г. Сочи. За высокий уровень научно-методического сопровождения для обеспечения выдающихся результатов белорусских биатлонистов на Олимпийских играх в г. Сочи автор данной работы награжден Государственной наградой Республики Беларусь – медалью «За трудовые заслуги» (Указ Президента Республики Беларусь № 94 от 21 февраля 2014 года).

Методология исследования представлена системой принципов и подходов к исследованию биохимических аспектов при комплексной оценке адаптации организма спортсменов к напряженным физическим нагрузкам, а также при функционировании в условиях гипоксии и при изменении климато-географических параметров. **Методы исследования** включают следующие: изучение и анализ специальной литературы по теме исследования, анкетирование, клинико-лабораторные методы исследований в условиях учебно-тренировочных сборов, методы педагогического контроля, тестирование физической работоспособности, молекулярно-генетические, методы математической статистики.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

Разработанные требования к пре- и постаналитическому этапу в спортивной биохимии и гематологии позволяют повысить эффективность клинико-лабораторного контроля в спорте высших достижений и оптимизировать интерпретацию полученных данных.

Применение предложенных методических подходов и разработанных клинико-лабораторных критериев оценки воздействия стандартной нагрузки, тренировочных нагрузок различной направленности и соревновательной деятельности способствует повышению эффективности управления тренировочным процессом в циклических видах спорта.

Установленные физиологические границы изменения клинико-лабораторных показателей в капиллярной крови спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта учитывают вид спорта, пол обследуемых, этап подготовки и направленность тренировочных нагрузок.

Предложен способ оценки диагностической информативности клинико-лабораторных показателей для прогнозирования результативности спортсменов, основанный на сравнении характера метаболической адаптации в период предсезонной подготовки с результатами соревновательной деятельности.

Разработанные подходы и критерии оценки биохимической адаптации к физическим нагрузкам в экстремальных условиях тренировочной деятельности способствуют повышению эффективности среднегорной подготовки и улучшению процессов климато-поясной адаптации.

Выявленная взаимосвязь генетического полиморфизма с характером метаболической адаптации позволяет индивидуализировать тренировочный процесс на основе учета особенностей переносимости тренировочных нагрузок спортсменами различных генотипов.

Конкретное личное участие автора в получении научных результатов заключалось в обозначении целей, задач и методологии исследования, проведении анализа данных литературы по теме исследования, организации и проведении экспериментальной части исследования, обработке полученных результатов, подготовке основных публикаций по теме исследования, а также оформлении и подготовке текста диссертации.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты научных исследований отражены в 66 публикациях, в том числе в 16 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК Российской Федерации, 1 научном издании, 5 методических рекомендациях, 26 научных статьях и 18 материалах международных конференций (Российская Федерация, Республика Беларусь, Украина, Литва, Израиль).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 285 страницах машинописного текста. Состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, 6 глав собственных наблюдений,

обсуждения, выводов, практических рекомендаций. Диссертация иллюстрирована 32 рисунками и 50 таблицами. Список литературы содержит 398 источников: 146 отечественных и 252 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Организация исследования

Решение **первой задачи** основывается на анализе литературных данных. Выделены основные факторы, способные оказать влияние на клинико-лабораторные показатели и требующие учета при интерпретации данных в спорте высших достижений.

Вторая задача решалась путем оценки биохимических аспектов срочной адаптации спортсменов циклических видов спорта при выполнении стандартного нагрузочного тестирования, тренировочных нагрузок различной направленности и при реализации соревновательной деятельности. Многократно протестированы 229 спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта (мастер спорта (МС) и мастер спорта международного класса (МСМК)). Обработаны результаты 439 исследований стандартного нагрузочного тестирования (2982 биохимических и 9262 гематологических исследования), а также многолетнего клинико-лабораторного мониторинга 180 тренировок различной направленности 8 высококвалифицированных биатлонисток. Оценка соревновательной деятельности проводилась на соревнованиях различного уровня – от контрольных тренировок до крупных международных соревнований, включая Олимпийские игры в Ванкувере. В исследовании представлены результаты оценки метаболических реакций соревновательной деятельности 26 стартов в лыжных гонках, 133 – в биатлоне и 25 – в плавании.

Для решения **третьей задачи** систематизированы и подверглись статистической обработке результаты биохимического мониторинга тренировочного процесса 311 спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки, плавание, гребля академическая, гребля на байдарках и каноэ и велоспорт) в период 2004–2014 гг. Всего в исследование включены результаты 8371 обследования. Обработаны данные 32570 биохимических и 20686 гематологических тестов. Исследование осуществлялось утром натощак в начале и конце микроциклов, а также по окончании тренировочного занятия.

Четвертая задача решалась путем поиска взаимосвязи характера метаболической адаптации в предсезонной подготовке с результативностью соревновательной деятельности в сезоне в лыжных гонках и биатлоне. Обработаны данные

1727 биохимических и 779 гематологических исследований лыжников-гонщиков, а также результаты соревновательной деятельности в сезоне 2009–2010 гг. (этапы Кубка мира, гонки Тур-де-ски и Олимпийские игры). Для оценки диагностической информативности клинико-лабораторных исследований в спорте адаптирована общепринятая методика, используемая в практической медицине (Меньшиков В.В., 2003, Камышников В.С., 2002). Использовались данные 225 клинико-лабораторных показателей биатлонистов в подготовительном периоде и результаты соревновательной деятельности.

При решении **пятой задачи** изучено и обосновано влияние факторов среднегорья на процессы биохимической адаптации к тренировочным нагрузкам у 47 спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в биатлоне, лыжных гонках и велоспорте на протяжении многолетней подготовки. Равнинные условия характеризовались высотой 180–261 метров, а горные – 1500–1700 метров над уровнем моря. Изучены биохимические аспекты климато-поясной адаптации 26 спортсменов высокой квалификации. Исследование проводилось в ходе 3 учебно-тренировочных сборов в Пекине и Бангкоке при подготовке к Олимпийским играм 2008 г. в Пекине. Забор крови осуществлялся утром натощак накануне перелета в другую часовую и климатическую зону и со 2-го по 15-й день тренировок в новых климатогеографических условиях.

Программа исследований для решения **шестой задачи** заключалась в следующем. У 80 спортсменов циклических видов спорта, регулярно подвергавшихся биохимическому мониторингу (4559 исследований), определен полиморфизм основных генов, связанных с физической работоспособностью. Исследованы ассоциации переносимости тренировочных нагрузок с генетическими данными.

Важным моментом всего проведенного исследования являлось использование капиллярной крови в качестве биоматериала для клинико-лабораторных исследований.

Статистическая обработка результатов исследований, включающая методы описательной статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов, проводилась с использованием прикладного пакета компьютерных программ обработки данных Statistika for Windows, версия 7.0. Различия в частоте встречаемости определялись с помощью критерия Фишера.

При проведении клинико-лабораторных исследований использовалось Следующее оборудование: анализатор PICCOLO Xpress (ABAXIS, США), фотометр РМ 2111 (Солар, Республика Беларусь), гематологические анализаторы Sysmex XT-2000i, (Sysmex, Япония) и QBC Autoread (Becton Dicinson, США), анализатор

гемоглобина и гематокрита «Hemo-Control» (Польша), портативный анализатор гормонов *i*-CHROMA READER (Южная Корея), планшетный иммуноферментный фотометр "SUNRISE" (Франция), анализатор лактата BIOSEN (EKF, Германия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка алгоритма учета факторов пре- и постаналитического этапов клинико-лабораторных исследований в спорте высших достижений

Качество клинико-лабораторных исследований в спортивной биохимии должно соответствовать потребностям тренировочного процесса и быть адекватно целям и задачам оценки воздействия высокоинтенсивных физических нагрузок и эффективности медико-биологического обеспечения процесса подготовки. Определен перечень наиболее значимых субъективных и объективных факторов, прямо или косвенно влияющих на результаты клинико-лабораторных исследований в спортивной биохимии. Разработан алгоритм учета факторов пре- и постаналитического этапов исследования в спорте, представленный на рисунках 1–2.

Внелабораторная фаза преаналитического этапа	**Внутрилабораторная фаза преаналитического этапа**
Выбор времени исследования	Регистрация образцов биоматериала в лаборатории
Выбор информативных тестов	Идентификация номера образца с данными обследуемого
Подготовка спортсмена к обследованию	Распределение полученных проб по видам исследований
Процедура забора биоматериала	Пробоподготовка биоматериала к исследованию (центрифугирование, отбор сыворотки и т.д.)
Хранение образцов биоматериала и правила транспортировки их в лабораторию	
Маркировка образцов биоматериала для последующей идентификации	

Рисунок 1 – Факторы преаналитического этапа исследования во вне - и внутрилабораторных фазах исследования

При интерпретации результатов биохимического исследования каждому из специалистов, обеспечивающих тренировочный процесс, отводится определенная роль на соответствующих этапах исследования. Специалист в области клинико-лабораторной диагностики несет полную ответственность за аналитический этап исследования, а также внутрилабораторную фазу преаналитического и постана-

литического этапов. Компетенция спортивного врача распространяется на внелабораторную фазу преаналитического этапа исследования.

Рисунок 2 – Факторы постаналитического этапа исследования во вне- и внутрилабораторных фазах исследования

На постаналитическом этапе исследования в компетенции врача находится решение вопроса о возможном влиянии на полученный лабораторный результат применяемых фармакологических препаратов и восстановительных процедур, а также состояния здоровья спортсмена. Компетенция тренера распространяется на внелабораторную фазу преаналитического и постаналитического этапов в части оценки воздействия нагрузок различной направленности на организм спортсмена.

Особенности биохимической адаптации организма спортсменов циклических видов спорта при выполнении стандартной физической нагрузки

Источником информации о функциональной подготовленности спортсменов являются биоэнергетические характеристики, разрабатываемые на основании изучения механизмов энергообеспечения в процессе стандартного тестирования. В таблице 1 представлена динамика достоверно различающихся клинико-лабораторных показателей у спортсменов циклических видов спорта при выполнении велоэргометрической нагрузки «до отказа».

Как видно из представленных данных, после выполнения теста у мужчин отмечалось статистически достоверное увеличение концентрации глюкозы и активности АСТ, у женщин – увеличение концентрации глюкозы и триглицеридов ($P<0,05$). Кроме того, у спортсменов выявлено статистически достоверное изме-

нение большинства гематологических параметров (P<0,05). Величина изменения клинико-лабораторных показателей тесным образом взаимосвязана с метаболической стоимостью выполненной работы и является одним из информативных показателей при оценке результатов тестирования. В качестве такого критерия может служить изменение клинико-лабораторных показателей в процентном соотношении по отношению к исходным данным.

Таблица 1 – Биохимические и гематологические показатели до и после стандартной велоэргометрической нагрузки у спортсменов циклических видов спорта

Исследуемые показатели	n	До нагрузки				После нагрузки			
		X±SD	min	max	Sx	X±SD	min	max	Sx
мужчины, n=224									
Глюкоза, ммоль/л	115	4,94±0,97	3,00	7,90	0,09	5,34±1,11*	3,30	8,90	0,10
АСТ, ЕД/л	80	29,8±11,5	9,0	72,0	1,3	34,3±12,6*	8,0	80,0	1,4
Эритроциты, × 10^{12}/л	224	5,28±0,38	4,39	6,66	0,03	5,59±0,38*	4,7	6,95	0,03
Гематокрит, %	224	44,8±2,88	37,9	53,6	0,19	47,7±2,94*	40,5	55,5	0,20
Лейкоциты, × 10^{9}/л	222	6,34±1,54	3,5	12,8	0,10	10,29±2,35*	5,4	17,5	0,16
Гемоглобин, г/л	224	157,2±10,5	133	181	0,70	167,0±11,6*	137	189	0,78
Тромбоциты, × 10^{9}/л	223	222,0±42,9	129	371	2,87	237,1±54,1*	109	405	3,62
Лимфоциты, × 10^{9}/л	214	2,05±0,50	1,03	3,70	0,03	4,20±1,08*	1,53	8,7	0,07
Нейтрофилы, × 10^{9}/л	214	3,58±1,21	1,45	8,31	0,08	5,00±1,68*	1,81	12,2	0,12
IFR, %	61	2,84±1,36	0,5	6,2	0,17	3,46±1,91*	0,7	8,6	0,25
женщины, n=115									
Глюкоза, ммоль/л	98	4,82±0,80	3,20	6,70	0,08	5,39±1,15*	3,60	9,80	0,12
Триглицериды, ммоль/л	98	0,74±0,34	0,20	2,00	0,03	0,91±0,47*	0,22	2,80	0,05
Эритроциты, × 10^{12}/л	215	4,66±0,34	3,78	5,7	0,02	4,98±0,38*	3,99	6,13	0,03
Гематокрит, %	215	40,2±2,91	31,7	47,6	0,20	43,0±3,14*	33,5	54	0,21
Лейкоциты, × 10^{9}/л	214	6,39±1,68	2,9	12,8	0,12	10,74±2,79*	4,2	21,2	0,19
Гемоглобин, г/л	215	139,6±9,6	115	168	0,66	149,8±12,2*	122	185	0,83
Лимфоциты, × 10^{9}/л	199	2,12±0,58	1,08	4,67	0,04	4,56±1,25*	1,48	9,49	0,09
Нейтрофилы, × 10^{9}/л	199	3,56±1,26	1,31	10,3	0,09	5,12±1,94*	1,87	14,7	0,14

Примечание: * – различия достоверны с показателями до нагрузки, P<0,05

X – среднее значение показателя; SD – среднеквадратичное отклонение; min – минимальное значение показателя; max – максимальное значение показателя; Sx – стандартная ошибка среднего

Особенности адаптационных изменений у спортсменок в биатлоне при выполнении тренировочных нагрузок различной направленности

В данном разделе представлены результаты оценки адаптации организма спортсменок к тренировочным нагрузкам различной направленности с использованием данных биохимического контроля на примере биатлона. Исследования проводились в процессе повседневных тренировок в течение подготовительного периода. Обследуемые спортсменки выполняли по две тренировочные сессии в

течение дня. В основной тренировке решались задачи тренировочного цикла, а вторая тренировка всегда была аэробной направленности. Проведен сравнительный анализ величин изменения биохимических показателей после нагрузки по сравнению с исходным состоянием при четырех типах тренировочных нагрузок (таблица 2).

Таблица 2 - Биохимические показатели и их изменение под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности у биатлонисток высокой квалификации (X±SD)

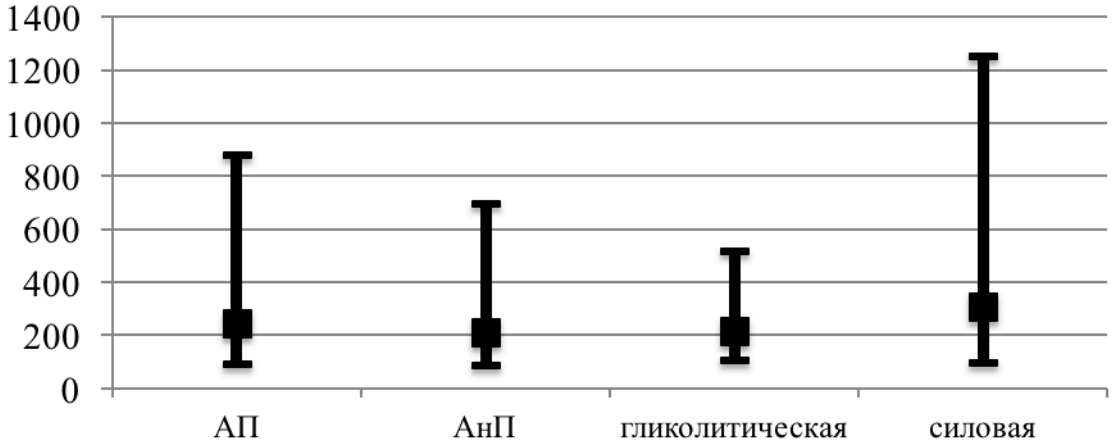
Исследуемые показатели	Виды тренировочных нагрузок			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
	АП (n=53)	ПАНО (n=66)	гликолитическая (n=16)	силовая (n=45)
Лактат, ммоль/л	2,09±0,75	4,02±1,09	9,81±1,55	
Мочевина до нагрузки, ммоль/л	5,25±1,22	5,22±1,18	5,14±0,91	5,03±1,04
Мочевина после нагрузки, ммоль/л	6,78±1,20*[4]	6,73±1,44	6,43±1,18	6,23±1,05*[1]
Мочевина (прирост, ммоль/л)	1,54±1,02	1,50±0,84	1,29±0,78	1,41±0,92
Мочевина (прирост, %)	32,4±23,6	30,5±18,9	25,8±18,0	31,9±22,5
КФК до нагрузки, ЕД/л	178,7±132,6	138,7±83,0	140,6±88,0	173,7±139,6
КФК после нагрузки, ЕД/л	246,0±160,7	210,4±115,1	215,5±113,2	308,4±245,9
КФК (прирост, ЕД/л)	67,3±69,9*[4]	71,7±56,1*[4]	74,9±55,1*[4]	134,7±155,5*[1,2,3]
КФК (прирост, %)	49,9±50,8*[4]	58,3±44,4	59,5±46,1	97,7±81,0*[1]
Примечание: * – различия достоверны с соответствующей группой, P <0,05				

Данные статистической обработки свидетельствуют о достоверно более высокой концентрации мочевины после выполнения нагрузки на уровне аэробного порога по сравнению с тренировкой силовой направленности (P<0,05). Наибольшие максимальные значения постнагрузочной концентрации мочевины отмечались после проведения тренировок аэробной направленности. Различия постнагрузочных величин биохимических показателей при различных типах нагрузок в значительной степени отражают процессы, связанные с механизмами энергообеспечения выполняемых нагрузок.

Динамика активности фермента креатинфосфокиназы (КФК) под влиянием тренировки различной направленности характеризовалась значительной индивидуальной вариативностью (рисунок 3). Наибольшие средние значения абсолютного прироста КФК (в ЕД/л) наблюдались после тренировок силовой направленности, которые достоверно отличались от соответствующих изменений при других режимах тренировочных нагрузок (P<0,05).

Выход фермента КФК в кровь из клетки обусловлен в основном механическими повреждениями мышц, индуцированными физической нагрузкой и метабо-

лическим стрессом, связанным с образованием свободных радикалов в процессе тренировки.



Примечание: по оси абсцисс – тип нагрузки; по оси ординат – активность КФК (ЕД/л)

Рисунок 3 – Содержание КФК (ЕД/л) в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

Метаболические реакции организма спортсменов циклических видов спорта при реализации соревновательной деятельности

Соревновательная деятельность предъявляет максимальные требования к работе функциональных систем организма, которые принимают участие в выполнении нагрузок на пределе физических возможностей. В таблице 3 представлены сведения о степени активации гликолитического механизма энергообеспечения в ходе преодоления соревновательной дистанции у представителей циклических дисциплин.

Таблица 3 – Максимальное накопление лактата (ммоль/л) при различных видах соревновательной деятельности у представителей циклических видов спорта

Вид спорта	Женщины					Мужчины				
	n	X±SD	Sx	min	max	n	X±SD	Sx	min	max
Биатлон (спринт, лыжероллеры)	27	13,8±2,3*	0,4	10,6	19,1	46	15,4±2,7	0,4	10,3	22,1
Биатлон (гонка с 4-мя огневыми рубежами, лыжероллеры)	8	14,1±1,4*	0,5	12,1	15,9	16	16,8±2,8	0,7	12,3	23,3
Биатлон (спринт, лыжи)	25	13,1±2,2	0,4	8,0	17,5	11	14,1±2,6	0,8	10,5	18,8
Плавание (50 м)	16	10,5±2,8	0,7	7,0	14,5	9	10,6±2,9	0,9	8,0	17,2
Плавание (100 м)	16	14,4±2,0^{+}	0,5	10,1	17,2	21	13,8±2,5^{+}	0,5	8,3	17,9

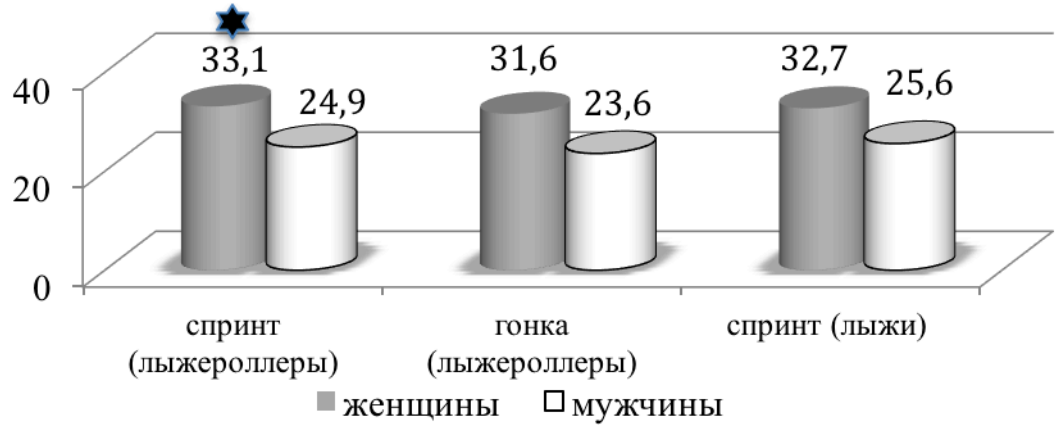
Примечание: * – различия достоверны по сравнению с мужчинами, $P<0,05$

$^{+}$ – различия достоверны по сравнению с дистанцией 50 м, $P<0,05$

X – среднее значение показателя; SD – среднеквадратичное отклонение; min – минимальное значение показателя; max – максимальное значение показателя; Sx – стандартная ошибка среднего

Представленные данные дают возможность оценить активность анаэробного гликолиза в зависимости от длины дистанции, вида передвижения, а также с учетом половой принадлежности. Среднегрупповые величины максимального накопления лактата у пловцов на дистанции 100 м были достоверно выше по сравнению с дистанцией 50 м как у женщин, так и у мужчин ($P<0,05$). В биатлоне тенденция более низкой активации гликолитического механизма энергообеспечения отмечается у представителей женского пола по сравнению с мужчинами. Данный аспект наиболее ярко выражен на финише соревнований на лыжероллерах в спринте и гонке с 4-мя огневыми рубежами, где выявлены достоверно более низкие значения концентрации лактата у женщин по сравнению с мужчинами ($P<0,05$).

Эффективность срочного восстановления существенным образом зависела от параметров элиминации лактата. Скорость утилизации лактата у представителей биатлона находилась в интервале 11,4–52,6 % у женщин и 5,4–58,2 % у мужчин. Выявлена достоверно более высокая скорость утилизации лактата (в %) у женщин по сравнению с мужчинами после финиша соревнований в спринте на лыжероллерах ($P<0,05$) (рисунок 4).



Примечания: по оси абсцисс – вид соревнований; по оси ординат – скорость утилизации лактата (%)

Рисунок 4 – Среднегрупповые данные скорости утилизации лактата периферической крови биатлонистов (%) через 8 мин (* – различия достоверны по сравнению с мужчинами, $P<0,05$) (n=133)

Оценка сывороточных ферментов после финиша соревновательной дистанции лыжников-гонщиков свидетельствовала о степени воздействии предельной мышечной нагрузки на состояние клеточных мембран. Наибольшие изменения отмечались для активности фермента КФК. Динамика средних величин проявляла

тенденцию к более высоким значениям активности КФК при преодолении соревновательных дистанций свободным стилем по сравнению с классическим. Это обусловлено специфичностью ферментативных реакций в результате различной степени вовлечения мышечных групп. Максимальные финишные значения активности фермента АСТ составляли 48 и 56 ЕД/л для мужчин и женщин соответственно. Максимальные значения активности АЛТ не выходили за верхние пределы популяционных норм и составляли 32 ЕД/л для мужчин и 38 ЕД/л для женщин. Концентрация мочевины на финише соревновательных дистанций находилась в интервале от 4,4 до 9,0 ммоль/л у мужчин и от 3,5 до 9,5 ммоль/л у женщин. Среднегрупповые данные прироста ее концентрации (%) по отношению к исходным данным составили 18,6–32,2% мужчин и 14,4–18,7% у женщин.

С увеличением длины соревновательной дистанции отмечалась тенденция к увеличению постнагрузочного количества лейкоцитов и их прироста по отношению к исходному значению. Индивидуальная динамика клеточного состава крови под влиянием соревновательных нагрузок свидетельствовала о возрастании количества лейкоцитов в 2,7–3,7 раза и зависела от длины дистанции.

Постнагрузочный лейкоцитоз характеризовался нейтрофильной фазой, о чем свидетельствовало статистически достоверное увеличение абсолютного количества нейтрофилов ($P<0,05$) после финиша и незначительная динамика лимфоцитов.

Неспецифические адаптационные реакции организма (НАРО) в системе оценки адаптационного потенциала

Результаты изучения взаимосвязи показателей физической работоспособности с типом НАРО (по Гаркави Л.Х., 2002) у 119 пловцов высокой квалификации выявили взаимосвязь типа адаптационной реакции с биоэнергетическими характеристиками. Наибольшие показатели максимальной физической работоспособности у мужчин отмечались при реакции повышенной активации, у женщин – при реакции тренировки. У пловцов мужского пола с реакцией хронического стресса выявлено достоверно более высокое содержание лактата в крови и показатели ЧСС на отдельных ступенях задания, по сравнению с реакцией повышенной активации ($P<0,05$). Показатели работоспособности в смешанной и гликолитической зонах энергообеспечения в группе с реакцией хронического стресса были достоверно ниже ($P<0,05$). Переход к реакции переактивации сопровождался более ранним отказом от нагрузки из-за утомления. Максимальные величины частоты сердечных сокращений отмечались у мужчин при наибольших показателях

работоспособности для благоприятной в метаболическом плане реакции повышенной активации и при наименьших показателях выполненной работы для реакции переактивации, характеризующейся снижением сбалансированности метаболических процессов.

Изучение состояния метаболизма при различных типах НАРО на основании многолетних наблюдений и анализа 1869 клинико-лабораторных исследований 11 высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в биатлоне и лыжных гонках, позволило выявить достоверно более высокую встречаемость реакций стрессорного типа (хронического стресса и переактивации) на общеподготовительном этапе, по сравнению с этапом специальной подготовки ($P<0,05$). При переходе от обще- к специально-подготовительному этапу отмечалось снижение частоты возникновения реакции переактивации с 30,6 до 18,9 %. На специально-подготовительном этапе достоверно увеличивается встречаемость реакции повышенной активации (21,0 и 32,4 % на общем и специальном этапе соответственно) и тренировки (9,7 и 18,7 % соответственно) ($P<0,05$).

Сравнительный анализ клинико-лабораторных показателей на различных уровнях НАРО показал, что реакция хронического стресса и переактивации характеризуются большим напряжением метаболизма по сравнению с другими адаптационными реакциями. Активность КФК на этих уровнях адаптационных реакций достоверно выше, чем при реакции тренировки ($P<0,05$) и превышает верхнюю границу популяционных норм для данного фермента. Это свидетельствует о наличии неблагоприятных процессов в мышечных клетках, приводящих к увеличению проницаемости их мембран и выходу фермента в периферическую кровь. Отмечались достоверно более высокие значения активности АСТ для реакций хронического стресса (35,2±2,9 Ед/л) и переактивации (34,2±2,0 Ед/л) по сравнению со спокойной (26,2±1,4 Ед/л) и повышенной активацией (29,0±1,5 Ед/л) ($P<0,05$). Активность фермента АЛТ при реакции переактивации была достоверно выше по сравнению с реакциями спокойной и повышенной активации ($P<0,05$). Содержание глюкозы в периферической крови при реакции тренировки (4,49±0,10 ммоль/л) достоверно превышало аналогичный показатель при реакциях спокойной и повышенной активации (4,11±0,06 и 4,19±0,06 ммоль/л) ($P<0,05$). Реакции активации и тренировки имели оптимальные значения метаболических характеристик, что связано с высокой степенью сбалансированности метаболических процессов при этих типах НАРО.

Особенности адаптации кислородтранспортной системы крови спортсменов высокой квалификации к напряженной физической деятельности

Изучение содержания гемоглобина и гематокрита как важнейших маркеров адаптации системы транспорта кислорода к тренировочным нагрузкам у представителей циклических видов спорта (5296 исследований, таблица 4) показало, что полученные результаты находились в пределах верхней половины общепопуляционных диапазонов физиологических значений. Сравнительный анализ выявил достоверно более высокие уровни гемоглобина и гематокрита у мужчин по сравнению с женщинами для всех исследуемых циклических дисциплин ($P<0,05$).

Таблица 4 – Содержание гемоглобина (г/л) и гематокрит (%) в сыворотке крови у спортсменов циклических видов спорта

Вид спорта	Гемоглобин, г/л				Гематокрит, %			
	мужчины		женщины		мужчины		женщины	
	n	X±SD	n	X±SD	n	X±SD	n	X±SD
Биатлон	102	155,1±7,6	361	142,8±7,1	102	47,9±2,5	362	44,3±2,1
Велоспорт	130	153,1±8,3	94	145,7±8,5	130	45,1±2,9	94	42,6±2,6
Гребля академическая	1067	155,4±9,3	233	140,4±8,1	961	43,0±3,6	233	42,1±2,5
Гребля на байдарках и каноэ	1842	154,1±10,2	244	139,1±8,0	1838	45,3±3,0	242	41,0±2,4
Лыжные гонки	134	160,0±7,1	112	141,6±9,7	126	48,8±2,5	92	42,9±3,1
Плавание	546	159,4±9,3	431	140,8±9,4	540	46,8±2,8	411	41,5±2,7

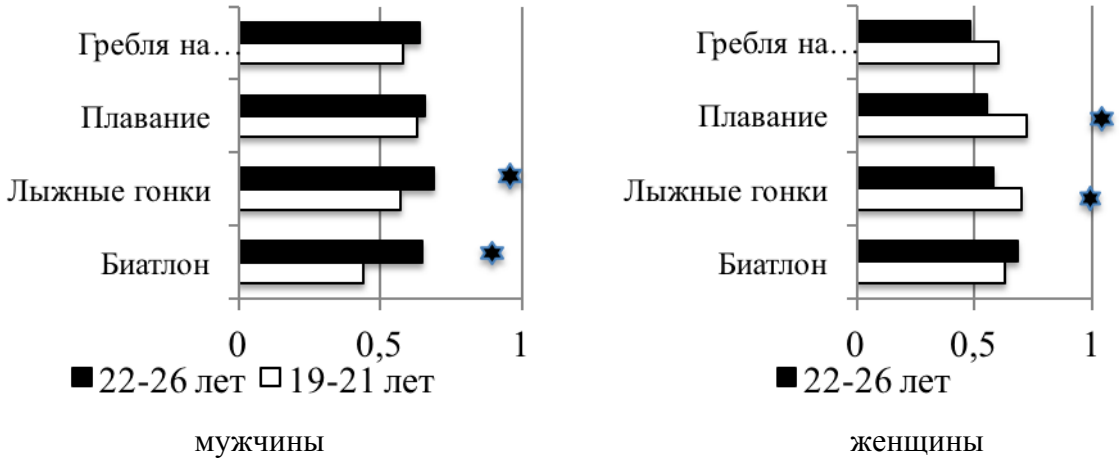
Снижение концентрации гемоглобина под влиянием тренировочных нагрузок ниже физиологических значений, полученных для данного вида спорта, может быть использовано в качестве важного индикатора определения плохой переносимости тренировочных нагрузок.

Анализ маркеров активации эритропоэза (таблица 5) показал отсутствие достоверных различий в содержании ретикулоцитов и фракции незрелых форм (IRF) представителей мужского и женского пола циклических видов спорта.

Таблица 5 – Содержание ретикулоцитов (%) и фракции их незрелых форм (IRF) в периферической крови спортсменов циклических видов спорта (X±SD)

Вид спорта	Мужчины			Женщины		
	n	ретикулоциты, %	IRF, %	n	ретикулоциты, %	IRF, %
Биатлон	12	0,60±0,20	3,28±1,74	19	0,64±0,31	2,10±1,68
Лыжные гонки	48	0,51±0,23	2,83±1,59	18	0,58±0,16	1,77±1,36
Плавание	56	0,64±0,21	3,98±2,32	92	0,61±0,23	3,06±2,07
Гребля академическая	63	0,62±0,23	2,54±2,02	28	0,60±0,20	3,42±2,07
Гребля на байдарках и каноэ	43	0,61±0,20	6,21±2,78	32	0,58±0,21	3,76±2,59
Велоспорт	41	0,61±0,22	2,61±1,78	7	0,64±0,21	3,53±2,08

В возрастном аспекте выявлена разнонаправленная тенденция тренда ретикулоцитов у спортсменов мужского и женского пола (рисунок 5).



Примечание: по оси абсцисс – содержание ретикулоцитов (%); по оси ординат – вид спорта

Рисунок 5 – Содержание ретикулоцитов у спортсменов циклических видов спорта в возрастном и гендерном аспектах (* – различия достоверны, $P<0,05$)

У спортсменов мужского пола в возрастном аспекте отмечается увеличение содержания молодых клеток эритроцитарного ряда, у женщин – снижение, что обусловлено различием динамики процессов активации и ингибирования эритропоэза. Эстрогены оказывают тормозящее влияние на кроветворные процессы, продукты метаболизма андрогенов – стимулирующее.

Выявлено достоверное снижение количества ретикулоцитов и индекса созревания ретикулоцитов (IRF) в соревновательном периоде ($P<0,05$). Это может быть обусловлено ускорением созревания клеток «красного» ряда вследствие работы адаптационного механизма, направленного на улучшение кислородтранспортной функции крови с участием более зрелых клеток эритроидного ряда. Активация процессов перекисного окисления липидов при высокоинтенсивных физических нагрузках может способствовать повреждению клеточных мембран клеток эритроцитарного ряда.

Тенденция возрастания числа ретикулоцитов и IRF от обще- к специально-подготовительному периоду (в биатлоне различия достоверны, $P<0,05$), по-видимому, является следствием выполнения значительного объема тренировочных нагрузок, направленных на развитие выносливости. Это приводит к длительной стимуляции костного мозга вследствие процессов гемолиза эритроцитов, вызванного тренировками.

Особенности физиологических значений активности ферментов в капиллярной крови спортсменов на различных этапах подготовки

Актуальность изучения динамики ферментов под воздействием физических нагрузок обусловлена их влиянием на процессы взаимодействия клетки с межклеточным пространством, интенсивность которого регулируется посредством изменения проницаемости клеточных мембран. В результате изучения данных 6950 исследований активности КФК 311 представителей циклических видов спорта (таблица 6) выявлена высокая вариация активности данного фермента (65,0–102,9 % для мужчин и 44,0–128,8 % для женщин).

Таблица 6 – Активность КФК (ЕД/л) в сыворотке крови у спортсменов циклических видов спорта

Вид спорта	n	X±SD	Sx	CV, %	min	max
мужчины						
Биатлон	116	286,4±202,5	18,8	70,7	37	1412
Велоспорт	135	252,1±168,5	14,5	66,8	70	1316
Гребля академическая	1089	209,7±136,4	4,13	65,0	45	1520
Гребля на байдарках и каноэ	2938	312,5±284,8	5,28	91,1	42	4536
Лыжные гонки	112	288,7±184,1	17,4	63,8	48	1105
Плавание	581	276,7±284,6	11,8	102,9	35	3739
женщины						
Биатлон	617	202,9±173,3	6,98	85,4	35	2511
Велоспорт	85	181,1±79,6	8,63	44,0	51	451
Гребля академическая	233	134,5±60,5	3,96	45,0	40	350
Гребля на байдарках и каноэ	472	187,6±125,0	5,75	66,6	30	1240
Лыжные гонки	122	200,1±103,9	9,41	51,9	58	581
Плавание	450	171,1±220,3	10,4	128,8	29	3479
Примечание: X – среднее значение показателя; SD – среднеквадратичное отклонение; min – минимальное значение показателя; max – максимальное значение показателя; Sx – стандартная ошибка среднего; CV – коэффициент вариации						

Наибольшие коэффициенты вариации и максимальные значения величины КФК у представителей мужского пола отмечены в плавании и гребле на байдарках и каноэ, у женщин – в плавании и биатлоне. Представители мужского пола в гребле на байдарках и каноэ характеризовались достоверно более высокими значениями активности КФК по сравнению с велоспортом и академической греблей ($P<0,05$). Среди женщин достоверно более низкая активность КФК отмечена у представительниц академической гребли по сравнению с биатлоном, греблей на байдарках и каноэ, лыжных гонках и велоспортом ($P<0,05$). Активность КФК у мужчин достоверно выше по сравнению с женщинами для всех исследуемых циклических дисциплин ($P<0,05$).

У мужчин отмечалась тенденция к снижению среднегрупповых данных активности КФК при переходе от обще-подготовительного к специально-подготовительному (в академической гребле различия достоверны, $P<0,05$) и соревновательному периодам (в гребле на байдарках и каноэ и гребле академической различия достоверны, $P<0,05$). У женщин в биатлоне и велоспорте величины активности КФК в специально-подготовительном периоде достоверно выше, чем в обще-подготовительном ($P<0,05$). В академической гребле активность данного фермента в соревновательном периоде достоверно ниже, чем в обще- и специально-подготовительном ($P<0,001$).

Установлено, что возрастание активности фермента выше верхней границы популяционных норм наблюдалось в 29,0% измерений. Это свидетельствовало о значительном повышении проницаемости клеточных мембран и о высокой интенсивности и степени напряжения метаболических процессов. Значение активности фермента было выше значений популяционных норм в 31,1 % случаев в биатлоне, 27,3 – велоспорте, 14,2 – академической гребле, 35,9 – гребле на байдарках и каноэ, 31,6 – лыжных гонках, 23,6 – плавании. Половые различия обуславливают достоверно более высокую частоту встречаемости отклонений у мужчин, по сравнению с женщинами в плавании ($P<0,01$). Различия в величинах КФК у представителей мужского и женского пола связаны с особенностями мышц и компонентного состава тела, а также особенностями гормонального статуса обследуемых контингентов. Соревновательный период характеризовался снижением встречаемости отклонений активности КФК (для гребли академической и гребли на байдарках и каноэ различия достоверны по сравнению с обще-подготовительным периодом, $P<0,01$) (таблица 7).

Таблица 7 – Распределение частоты встречаемости отклонений фермента КФК на различных этапах тренировочного процесса (N – количество исследований и их соотношение (в %) за пределами референтных диапазонов)

Вид спорта	Обще-подготовительный		Специально-подготовительный		Соревновательный	
	n	N	n	N	n	N
Биатлон	245	90 (36,7)	474	138 (29,1)		
Велоспорт	121	48 (39,7)	39	12 (30,8)		
Гребля академическая	442	85 (19,2)*,+	377	42 (11,1)	503	61 (12,1)
Гребля на байдарках и каноэ	818	252 (30,8)*,+	1720	739 (43,0)+	849	234 (27,6)
Лыжные гонки	35	17 (48,6)	113	40 (35,4)	61	17 (27,9)
Плавание	310	82 (26,5)	632	141 (22,3)	89	20 (22,5)

Примечание: * – различия достоверны по сравнению со специально-подготовительным периодом ($P<0,01$); + – различия достоверны по сравнению с соревновательным периодом ($P<0,01$)

При переходе от обще- к специально-подготовительному периоду проявляется тенденция к ее снижению (для академической гребли различия достоверны, P<0,01). Для гребли на байдарках и каноэ характерна большая частота встречаемости напряжения метаболизма в мышечной ткани в специально-подготовительном периоде (P<0,01).

Активность КФК является одним из важных диагностических критериев, ассоциированных с явлениями рабдомиолиза. В специальной литературе нет единства мнений в установлении точных его критериев по активности КФК. В зарубежной литературе имеются данные, что пятикратное превышение активности КФК выше границ нормы является критерием рабдомиолиза (Keltz E. at al., 2013, Torres P. A. at al., 2015, Cervellin G. at al., 2010). В нашем исследовании выявлено 100 случаев (из 6923 исследований) пятикратного превышения активности КФК (1,4 %). Значительно чаще данное наблюдение, потенциально ассоциированное с явлениями рабдомиолиза, отмечалось у представителей мужского пола (88 %). Среди выявленных случаев у 15 % спортсменов отмечалось возрастание концентрации мочевины выше референтных границ, свидетельствующее о возможном вовлечении почек в патологический процесс. В 95 % случаев пятикратное возрастание КФК сопровождалось возрастанием активности фермента АСТ выше границ нормы и в 72 % – АЛТ.

Коэффициенты вариации активности сывороточных аминотрансфераз у представителей циклических видов спорта находились в интервале 18,5–50,0% для АСТ и 20,8–53,2% для АЛТ (таблица 8).

Таблица 8 – Активность ферментов АСТ и АЛТ (ЕД/л) в сыворотке крови у спортсменов циклических видов спорта

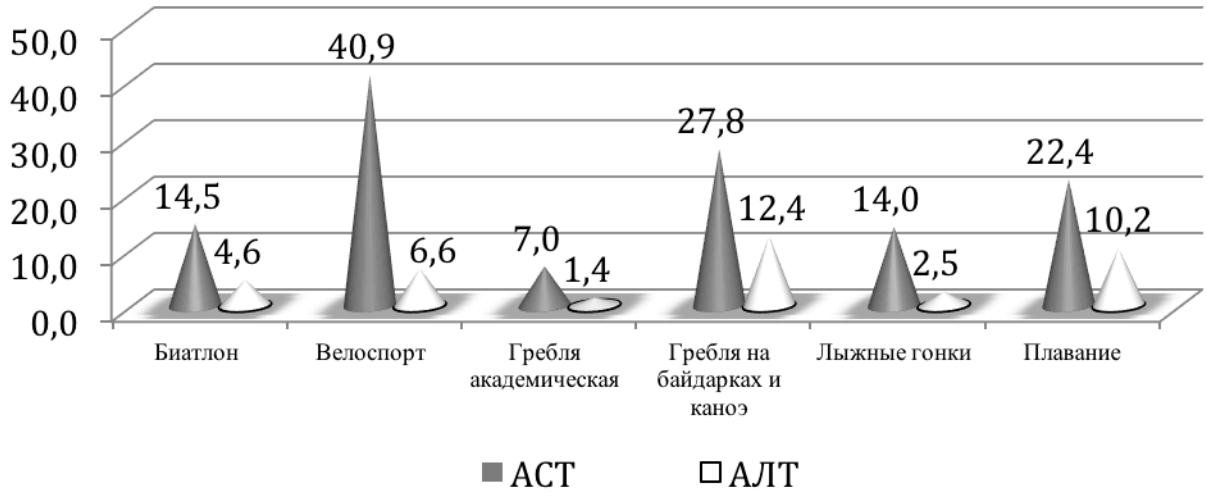
Вид спорта	АСТ, ЕД/л				АЛТ, ЕД/л			
	мужчины		женщины		мужчины		женщины	
	n	X±SD	n	X±SD	n	X±SD	n	X±SD
Биатлон	96	30,8±8,0	359	31,8±11,2	94	28,0±7,8*	351	25,1±7,9
Велоспорт	153	43,3±12,7*	105	38,5±7,13	153	30,6±7,7	105	29,8±6,2
Гребля академическая	761	27,6±8,8			816	21,8±8,7		
Гребля на байдарках и каноэ	2709	36,9±14,0*	462	33,3±10,1	2725	29,0±13,8*	451	22,4±8,6
Лыжные гонки	111	29,6±9,9	122	29,3±9,0	104	20,7±7,8	120	22,5±9,5
Плавание	579	35,3±16,8*	447	28,8±14,4	445	26,3±14,0*	303	19,1±9,5
Примечание: * – различия достоверны по сравнению с женщинами (P<0,05)								

Сравнительный анализ активности аминотрансфераз в аспекте половой принадлежности выявил достоверно более высокие значения активности АСТ у представителей мужского пола по сравнению с женщинами в велоспорте, гребле на байдарках и каноэ и плавании (P<0,05). Активность АЛТ была достоверно вы-

ше у представителей мужского пола в биатлоне, гребле на байдарках и каноэ и плавании (P<0,05). У мужчин в гребле на байдарках и каноэ и академической гребле отмечалось достоверное возрастание среднегрупповых данных АСТ при переходе от обще-подготовительного к специально-подготовительному и дальнейшее снижение к соревновательному периоду (P<0,05). В велоспорте как у мужчин, так и у женщин тренд активности фермента направлен в сторону снижения при переходе от обще- к специально-подготовительному периоду (P<0,05). У женщин в плавании значения активности АСТ в специально-подготовительном периоде достоверно выше, чем в обще-подготовительном (P<0,05).

Тренд активности фермента АЛТ на различных этапах тренировочного процесса существенным образом не отличался от такового для АСТ.

Превышение верхней границы популяционных норм наблюдалось в 23,2% измерений для АСТ и 9,3 % – для АЛТ. Специфика вида спорта накладывает существенный отпечаток в различные периоды подготовки как на суммарный объем нагрузок, так и на соотношение их различных видов. Это в конечном итоге может обусловливать различия в закономерностях формирования долговременных адаптационных реакций (рисунок 6).



Примечания: по оси абсцисс – вид спорта; по оси ординат – частота встречаемости превышения активности АСТ и АЛТ верхней границы референтных интервалов

Рисунок 6 – Частота встречаемости (в %) выхода активности аминотрансфераз за пределы референтных диапазонов

У женщин достоверно реже встречаются отклонения значений активности фермента АСТ по сравнению с мужчинами в велоспорте, гребле на байдарках и каноэ и плавании (P<0,05). Встречаемость выхода значений активности АЛТ за

пределы границ нормы достоверно выше у мужчин в гребле на байдарках и каноэ и плавании (P<0,05). Соревновательный период характеризуется достоверным снижением встречаемости данных отклонений (P<0,05). Тренд данного явления при переходе от обще-подготовительного к специально-подготовительному периоду различается в зависимости от вида спорта.

Интерпретация результатов определения аминотрансфераз не всегда является простой задачей, поскольку повышение активности АСТ может являться результатом повышения напряжения энергообмена как в сердечной мышце, так и в скелетных мышцах, печени и т.д. Информативным показателем при решении данного вопроса является определение соотношения активности АСТ и АЛТ, или коэффициента де Ритиса (таблица 9). Этот показатель широко используется в клинической практике для дифференциальной диагностики заболеваний печени и миокарда.

Таблица 9 – Коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ) в сыворотке крови у спортсменов циклических видов спорта

Вид спорта	Мужчины		Женщины	
	n	X±SD	n	X±SD
Биатлон	94	1,17±0,37	351	1,33±0,49
Велоспорт	153	1,43±0,27	105	1,33±0,28
Гребля академическая	736	1,42±0,69		
Гребля на байдарках и каноэ	2655	1,38±0,49	451	1,62±0,66
Лыжные гонки	104	1,61±0,76	120	1,47±0,61
Плавание	445	1,59±0,75	303	1,72±0,73

Повышение активности одного или обоих ферментов при одновременном росте или снижении коэффициента де Ритиса может быть ценным диагностическим тестом для определения органной специфичности напряженности метаболических процессов. Увеличение соотношения АСТ/АЛТ ассоциируется с преимущественно мышечными повреждениями во время напряженных мышечных нагрузок.

Особенности применения метаболических маркеров переносимости тренировочных нагрузок

Результаты статистической обработки мониторинга содержания маркеров, ассоциированных с переносимостью тренировочных нагрузок, в крови спортсменов циклических видов спорта представлены в таблице 10.

Концентрация мочевины в крови представителей мужского пола большинства видов спорта достоверно выше, чем у женщин (P<0,05). Величины пост-

нагрузочного содержания мочевины у мужчин находились в интервалах 7,17±1,64 ммоль/л в плавании и 7,06±1,38 ммоль/л в гребле на байдарках и каноэ, у женщин – 6,56±1,34 ммоль/л в биатлоне и 6,09±1,58 ммоль/л в плавании.

У мужчин в большинстве видов спорта наблюдалась тенденция к снижению содержания мочевины от обще-подготовительного к соревновательному периоду.

Таблица 10 – Концентрация мочевины, триглицеридов и глюкозы в сыворотке крови у спортсменов циклических видов спорта (X±SD)

Вид спорта	Мочевина, ммоль/л		Триглицериды, ммоль/л		Глюкоза, ммоль/л	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Биатлон	5,64±0,89*	5,20±1,14	0,66±0,21*	0,77±0,29	4,70±0,45*	4,29±0,45
Велоспорт	5,84±1,51	5,40±1,26	0,95±0,30	0,99±0,31	5,01±0,60	4,88±0,64
Гребля академическая	5,84±1,19*	5,09±1,03	0,90±0,40	0,79±0,37	4,96±0,62*	4,53±0,65
Гребля на байдарках и каноэ	6,26±1,45*	5,02±1,15				
Лыжные гонки	5,02±1,42	5,31±1,14	0,66±0,23	0,64±0,23	4,57±0,64	4,41±0,66
Плавание	5,79±1,40*	5,04±1,27	0,73±0,30*	0,63±0,25	4,67±0,71	4,56±0,64
Примечание: * – различия достоверны по сравнению с женщинами (P<0,05)						

У женщин отмечался разнонаправленный тренд мочевины, но единой тенденцией является снижение данного показателя к соревновательному периоду, за исключением академической гребли.

У мужчин в биатлоне концентрация триглицеридов достоверно выше, чем у женщин, в плавании – ниже (P<0,05). У мужчин концентрация триглицеридов в обще-подготовительном периоде достоверно ниже по сравнению со специально-подготовительным и соревновательным в академической гребле, плавании и лыжных гонках (P<0,05). У женщин данная тенденция характерна для академической гребли и лыжных гонок. Это связано, в первую очередь, со значительными объемами низкоинтенсивных тренировочных нагрузок на уровне аэробного порога, выполняемых спортсменами в обще-подготовительном периоде.

Встречаемость снижения концентрации триглицеридов ниже нижней границы популяционных норм в биатлоне составила 6,9 %, велоспорте – 0,5, академической гребле – 9,3, лыжных гонках – 10,9, плавании – 9,9. В этих случаях отмечается несбалансированность процессов мобилизации липидов из депо для обеспечения восстановительных процессов энергосубстратами после нагрузок, вовлекающих липиды в энергообеспечение мышечных сокращений.

Встречаемость снижения уровня глюкозы ниже нижней границы референтного диапазона у спортсменов циклических видов спорта составляет 5,1 %. В по-

ловом аспекте это составляет 4,3 % у мужчин и 6,1 % у женщин. Частота встречаемости снижения уровня глюкозы находилась в интервале от 2,4 % в велоспорте до 6,4 % в лыжных гонках.

В плавании и академической гребле наблюдалось достоверное снижение глюкозы от обще- к специально-подготовительному у женщин и мужчин ($P<0,05$). В соревновательном периоде среднегрупповые уровни глюкозы у пловцов достоверно возрастали и составили 4,89±0,74 ммоль/л и 4,89±0,72 ммоль/л у мужчин и женщин соответственно. На специально-подготовительном этапе увеличивается объем тренировочных нагрузок гликолитической направленности, т.е. возрастает роль анаэробного распада глюкозы и повышенного использования гликогена в качестве источника энергии.

Оценка диагностической информативности клинико-лабораторных показателей для прогнозирования успешности соревновательной деятельности

Проведена адаптация к спортивной практике методики оценки диагностической надежности биохимических показателей, используемой в клинической медицине. Оценивались отклонения результатов исследуемых тестов выше границ референтного диапазона. Установлена диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС), диагностическая эффективность (ДЭ), предсказательная ценность положительного (ПЦ+) и отрицательного (ПЦ-) результатов исследования биохимических показателей. Значения диагностических критериев определения биохимических показателей в подготовительном периоде представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Диагностическая информативность определения биохимических показателей на обще- и специально-подготовительном этапах подготовки

Исследуемые показатели	ДЧ, %	ДС, %	ДЭ, %	(ПЦ+), %	(ПЦ-), %
обще-подготовительный этап					
Мочевина (до нагрузки)	55,0	88,9	68,7	88,0	57,1
Мочевина (после нагрузки)	21,4	100,0	55,1	100,0	48,8
КФК (до нагрузки)	84,6	87,5	85,7	91,7	77,8
АСТ (до нагрузки)	41,7	100,0	65,0	100,0	53,3
специально-подготовительный этап					
Мочевина (до нагрузки)	31,4	92,3	53,2	88,0	42,9
Мочевина (после нагрузки)	5,6	100,0	35,8	100,0	33,3
КФК (до нагрузки)	77,1	94,4	83,0	96,4	68,0
АСТ (до нагрузки)	26,5	100,0	51,9	100,0	41,9

Выявлено, что наибольшей ДЧ обладает определение КФК до нагрузки (84,6 % и 77,1 % в обще- и специально-подготовительном периодах соответственно). Вместе с тем при такой высокой чувствительности для этого показателя характерна и достаточно высокая диагностическая специфичность (ДС), т.е. вероятность того, что у более успешных спортсменов будут получены отрицательные результаты теста (87,5 % и 94,4 %). Следует отметить, что все проанализированные тесты характеризуются высокой ДС.

Обращает на себя внимание максимальная диагностическая специфичность определения ферментов АСТ до нагрузки и мочевины после нагрузки. При определении мочевины после нагрузки отмечена наименьшая диагностическая чувствительность (21,4 % и 5,6 % на обще- и специально-подготовительном этапах соответственно). Диагностическая эффективность исследуемых биохимических показателей находилась в пределах 35,8 % и 85,7 %.

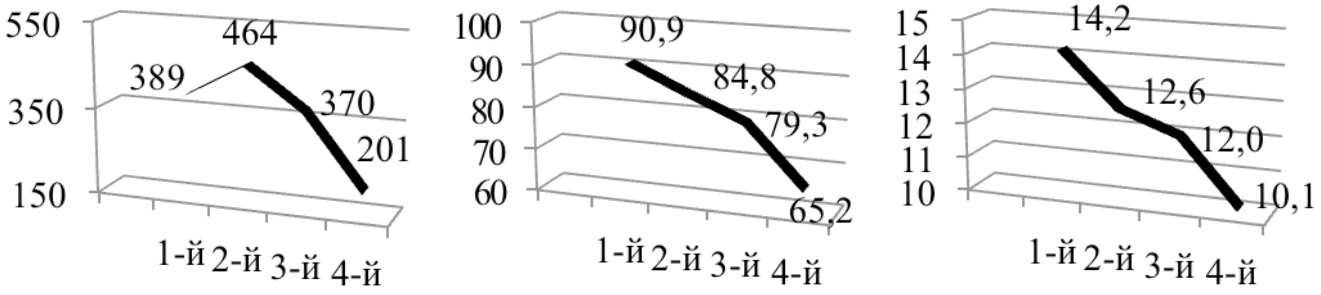
Предсказательная ценность положительного результата исследования, то есть вероятность того, что обследуемый с положительным результатом теста в период предсезонной подготовки в соревновательным периоде не продемонстрирует высоких результатов, достаточно высока для всех показателей (88,0–100,0%). (ПЦ -) отдельных биохимических показателей относительно невысока и находится в интервалах от 33,3 % до 77,8 %.

Результаты изучения диагностической информативности биохимических показателей показали их высокую надежность и прогностическую ценность, в первую очередь, при прогнозировании успешности соревновательной деятельности спортсменок с отклонениями в результатах. Наличие отклонений биохимических показателей в подготовительном периоде имеет достаточно высокую прогностическую ценность и с высокой степенью ассоциируется с отсутствием оптимальной адаптации к предлагаемым тренировочным нагрузкам. Отсутствие отклонений в результатах теста в течение подготовительного периода позволяет в меньшей степени диагностировать успешность соревновательной деятельности, хотя и имеет высокую ассоциацию.

В качестве примера взаимосвязи метаболической адаптации и успешности соревновательной деятельности можно рассмотреть случай спортсменки N. На рисунке 7 представлена динамика показателей активности КФК, встречаемости превышения активности КФК выше нормы (%) в период предсезонной подготовки и показателей соревновательной деятельности.

Проанализированы результаты 96 исследований КФК в период предсезонной подготовки и результаты 4-х последующих сезонов. Как видно из представ-

ленных данных, предсоревновательная подготовка с 1-го по 3-й год сопровождалась напряженностью метаболической адаптации. Отмечались высокая частота встречаемости отклонений КФК выше границ референтного интервала и средние данные активности КФК, значительно превышающие значения, свидетельствующие об адекватной адаптации организма спортсменки.



а) б) в)

Примечания: по оси абсцисс – год подготовки; по оси ординат – а) активность КФК, Ед/л; б) частота случаев выхода активности КФК за пределы референтных границ, %; в) среднее отставание от лидеров по результатам сезона (сек на 1 км)

Рисунок 7 – Динамика показателей активности КФК и результатов соревновательной деятельности с 1-го по 4-й год подготовки спортсменки N

Аналогичная картина отмечалась для ферментов АСТ, АЛТ и альфа-амилазы. В течение предсезонной подготовки 4-го года выступлений тренерскому составу было рекомендовано построить подготовку спортсменки по индивидуальной программе в соответствии с адекватным метаболическим ответом. Реализация данной программы позволила улучшить соревновательные результаты и спортсменка провела лучший сезон в карьере.

Клинико-лабораторные маркеры прогнозирования соревновательной деятельности лыжников-гонщиков

В качестве критериев обобщенной оценки результатов соревновательной деятельности лыжников-гонщиков использовались значения разницы между текущим результатом спортсмена и средним временем первых трех и десяти результатов соревнований (на км). Биохимические показатели рассчитаны по следующим категориям: значение биохимического показателя за день до соревнования, среднее значение показателя за месяц до соревнования, одного из этапов предсезонной подготовки (июль) и за весь период предсезонной подготовки

(июнь-октябрь). В качестве статистических методов использовались дисперсионный, регрессионный и ковариационный анализ.

Дисперсионный анализ выявил прямую достоверную взаимосвязь соревновательного результата и содержания кортизола за день до старта у мужчин и женщин: с увеличением уровня кортизола накануне старта возрастает вероятность улучшения результата ($P<0,05$). У спортсменок женского пола выявлена достоверная регрессионная зависимость индекса лимфоциты/нейтрофилы за день до старта с результатами соревнований ($P<0,05$). Увеличение вышеупомянутого индекса способствует улучшению результата. Возрастание индекса лимфоциты/нейтрофилы свидетельствует о смещении адаптационной реакции в сторону более метаболически выгодной организму.

Выявлена положительная ковариация результатов исследования кортизола в период предсезонной подготовки и среднего значения этого показателя в июле с результатами соревнований в сезоне у спортсменов в лыжных гонках независимо от половой принадлежности. Низкие значения данного гормона ассоциировались с более успешным выступлением.

Аналогичная зависимость, т.е. ассоциация высоких значений с ухудшением результатов, прослеживается и для значения мочевины у всех спортсменов в период предсезонной подготовки. Отрицательная ковариация прослеживается для индекса лимфоциты/нейтрофилы за день до гонки и его среднего значения за месяц до старта с результатами соревнований. Высокое значение вышеупомянутого показателя, согласно данным ковариационного анализа, связаны с более успешной реализацией соревновательной деятельности.

Одним из информативных биохимических показателей с прогностической точки зрения является содержание кортизола. В соревновательном периоде высокие уровни кортизола ассоциировались с лучшей результативностью соревновательной деятельности. Ассоциация высокого уровня кортизола с лучшими результатами обусловлена повышенной нервно-психической мобилизацией спортсмена в период соревнований, что может создавать благоприятные условия для его реализации в гонке. В подготовительном периоде существует обратная тенденция взаимосвязи содержания кортизола и соревновательного результата.

Клинико-лабораторные особенности адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам в условиях среднегорной подготовки

Для сравнительного анализа биохимические и гематологические показатели представителей лыжных гонок, биатлона и велоспорта были разделены на 2 груп-

пы: исследования в равнинных и горных условиях. В таблице 12 представлены достоверно различающиеся показатели в горных и равнинных условиях. Как следует из данных таблицы, у мужчин в лыжных гонках и женщин в биатлоне (P<0,05) адаптация к высокоинтенсивным физическим нагрузкам в горных условиях сопровождалась улучшением кислородтранспортных свойств крови и активацией процессов эритропоэза. Возрастание гемоглобина при тренировках в горных условиях являлось отражением грамотно спланированной тренировочной программы в условиях среднегорья. Это позволило реализовать один из физиологических эффектов среднегорной подготовки, который заключается в активации эритропоэза и улучшении функционирования кислородтранспортной системы крови. У лыжниц-гонщиц в горах наблюдался достоверно более высокий гематокрит по сравнению с равниной (P<0,05).

Таблица 12 – Клинико-лабораторные показатели представителей циклических видов спорта при подготовке в равнинных и горных условиях (X±SD)

Исследуемые показатели	Мужчины				Женщины			
	n	Равнинные условия	n	Горные условия	n	Равнинные условия	n	Горные условия
лыжные гонки								
Лейкоциты, 10^9/л	43	6,51±5,25	96	7,60±4,21	52	6,46±3,75	128	8,17±4,63*
Гемоглобин, г/л	43	140,9±10,5	96	142,4±10,8	52	164,8±7,2	128	167,5±6,8*
Гематокрит , %	43	42,3±3,3	96	43,7±2,9*	52	48,9±2,9	128	50,6±2,3*
МСНС, г/дл	43	33,7±0,7	96	32,1±0,9*	52	33,9±0,7	128	32,7±1,1*
Тромбоциты, 10^9/л	43	182,3±93,1	96	267,9±57,8*	52	224,5±64,2	128	275,6±55,4*
Ретикулоциты, %	43	0,57±0,20	96	0,87±0,15*				
Кортизол, нмоль/л	43	721,9±318,7	96	897,8±557,5	52	874,38±83,6	128	1016,3±503,4*
биатлон								
Мочевина, ммоль/л	61	5,72±1,02	76	5,78±0,77	473	5,12±1,12	381	5,41±1,17*
Гемоглобин, г/л	63	154,3±7,0	39	156,4±8,5	209	141,1±7,0	152	145,2±6,6*
Гематокрит , %	63	47,5±2,2	39	48,4±3,0	210	43,8±2,1	152	45,0±1,9*
велоспорт								
КФК, ед/л	34	179,4±80,0	101	276,6±183,2*	41	164,6±71,3	44	196,5±84,5
АСТ, ед/л	34	31,9±6,5	119	46,6±12,1*	41	36,7±4,7	64	39,6±8,2
АЛТ, ед/л	34	23,8±6,1	119	32,5±7,1*	41	28,1±7,1	64	30,8±5,4
Сывороточное железо, мкмоль/л	34	18,9±3,0	101	20,4±3,1	37	18,2±2,8	56	20,8±2,7*
Примечание: * – различия достоверны в сравнении с равнинными условиями, P<0,05								

В лыжных гонках отмечались достоверно более низкие показатели средней концентрации гемоглобина в эритроците (МСНС) в горных условиях, чем на равнине (P<0,05). Об активации процессов эритропоэза свидетельствовало достовер-

ное возрастание количества ретикулоцитов в горных условиях по сравнению с равнинными (P<0,05).

Анализ индивидуальной динамики содержания гемоглобина свидетельствует о наличии различий его изменения, обусловленных характером построения тренировочных нагрузок в горных условиях, а также индивидуальными особенностями организма спортсменов, в том числе и генетической составляющей, что необходимо учитывать для индивидуализации тренировочного процесса в горах.

Тренировочный процесс лыжников-гонщиков в горных условиях сопровождался достоверно более высоким уровнем кортизола по сравнению с тренировкой на равнине (P<0,05). Выполнение напряженной мышечной работы в горных условиях у лыжников-гонщиков связано с активацией лейкоцитарного и тромбоцитарного звеньев кроветворения по сравнению с тренировками на равнине (P<0,05). У представителей женского пола в биатлоне тренировочный процесс в горных условиях сопровождался достоверно более высокими значениями содержания мочевины по сравнению с тренировками в условиях равнинной местности (P<0,05). У представителей велоспорта выявлена высокая напряженность работы ферментных систем, которая сопровождалась достоверно более высокими значениями активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ при тренировочной работе в условиях среднегорья по сравнению с равнинной местностью (P<0,05). При этом среднегрупповые данные активности ферментов КФК и АСТ были выше границ обще-популяционного референтного интервала, что являлось отражением значительного напряжения работы ферментативных систем. По-видимому, чрезмерно напряженная тренировочная работа в условиях горной местности не позволила улучшить кислородтранспортные возможности, о чем свидетельствует отсутствие динамики уровня гемоглобина при тренировках в среднегорье. При этом не отмечалось потребления сывороточного железа вследствие активации эритропоэза, а, наоборот, отмечалось его возрастание (у женщин – достоверное, P<0,05).

Особенности метаболических изменений в организме высококвалифицированных спортсменов при климато-поясной адаптации

В данном разделе представлен анализ результатов изучения адаптации организма спортсменов к климатогеографическим условиям после перелета на восток (г. Пекин и г. Бангкок). Комплекс изменения клинико-лабораторных показателей рассматривался как отражение структурных и функциональных перестроек в организме спортсменов в период адаптации к условиям высоких температур, повышенной влажности и изменения циркадных ритмов.

Результаты исследований показали, что пребывание и тренировки после перелета на восток сопровождались достоверным возрастанием содержания глюкозы в крови спортсменов по сравнению с обследованием накануне перелета ($P<0,05$). Выявлено, что во второй день после перелета в крови спортсменов достоверно возрастало содержание триглицеридов ($P<0,05$). Ко второму дню пребывания происходило достоверное возрастание содержания мочевины ($P<0,05$). Анализ данных динамики гемоглобина у легкоатлетов свидетельствовал о достоверном повышении среднегрупповой его концентрации на второй день после перелета в Пекин на 2,47 % ($P>0,05$). На 7-й день уровень гемоглобина увеличивался на 4,04 % по сравнению с исходным (до перелета) ($P<0,05$). Отмечалось увеличение гематокрита к 7-му дню на 13,8 % по сравнению с исходными данными ($P<0,05$). На протяжении всего периода пребывания и тренировок в Пекине у легкоатлетов зафиксировано снижение концентрации калия в сыворотке крови, среднегрупповые значения которой на 4-й, 7-й и 14-й дни достоверно отличались от полученных данных на следующий день после перелета ($P<0,05$). У 60,0% спортсменов отмечались случаи снижения содержания магния в сыворотке крови.

Смена часовых поясов сопровождалась явлениями десинхроноза, которые характеризовались изменениями в деятельности нейроэндокринной системы и сопровождались нарушением циркадной ритмичности секреции гормонов. В первые дни после перелета отмечалось достоверное снижение содержания в крови спортсменов кортизола и тестостерона ($P<0,05$) по сравнению с исходными данными. Это связано с циркадной ритмичностью секреции гормонов и обусловлено часовой разницей между Пекином и Минском. В дальнейшем среднегрупповые показатели утренней концентрации кортизола и тестостерона возрастали и достигали значений, отмеченных накануне перелета, на 7-8-е сутки. При этом отмечалась значительная индивидуальная вариация в динамике гормонов, обусловленная хронотипом конкретного спортсмена. У 30 % спортсменов содержание гормонов достигало исходного уровня уже на 3-й день. Однако в дальнейшем отмечалась отрицательная динамика гормонов, содержание которых в основном стабилизировалось на 7–8 дни. У 30 % спортсменов после снижения концентрации гормонов на 2-й день уже к 4-му дню наблюдалось положительная динамика, стабилизирующаяся в зависимости от индивидуальных особенностей на 5–8-й день. У 40 % спортсменов постепенное снижение гормонов наблюдалось до 4–5 дней, однако к 7–8-му дням уровень гормонов соответствовал исходным значениям. У одного спортсмена значения кортизола и тестостерона, близкие к исходным, были отмечены лишь на 11-й день пребывания.

Динамика уровня тиреотропного гормона в период адаптации характеризовалась значительной вариацией. Во 2-й день отмечались достоверно более высокие значения содержания этого гормона по сравнению с временем до перелета ($P<0,05$). Исходного уровня среднегруппового содержания тиреотропного гормона у спортсменов не наблюдалось даже после 2-х недельной адаптации к новым климато-географическим условиям. Только у 40 % спортсменов уровень тиреотропного гормона достиг исходных значений.

Разработанные в результате выполнения данных исследований рекомендации по климато-поясной адаптации использовались при подготовке и участии белорусских спортсменов в Олимпийских играх 2008 года в Пекине. Белорусские спортсмены завоевали 19 медалей и показали лучшее в истории страны выступление на летних Олимпийских играх.

Ассоциации генетического полиморфизма с процессом биохимической адаптации к высокоинтенсивным физическим нагрузкам

Генетические маркеры «переносимости тренировочных нагрузок» выявлены в результате динамических наблюдений на протяжении длительного периода тренировочного процесса путем исследования реакции на определенные тренировочные нагрузки и поиска ее взаимосвязи с генотипом спортсмена.

У обследованных спортсменов исследовали полиморфизм девяти генов, ассоциированных со спортивной деятельностью: *ACE, BDKRB2, NOS3 (ab), NOS3 (TG), HIF1A, HP (1/2), PPARA, PPARG, PPARGC1B*. В качестве оценочного критерия различия в переносимости тренировочных нагрузок использовалось отклонение биохимических показателей выше границ популяционных норм. Результаты исследований ассоциации полиморфизма генов *NOS3, PPARA, PPARG* и наличием отклонений биохимических показателей представлены в таблицах 13–14.

Как видно из данных таблицы 13, у спортсменов с гомозиготным bb генотипом гена *NOS3* достоверно чаще встречаются превышение содержания мочевины ($P<0,05$), свидетельствующая об ухудшении адаптационных процессов. При анализе G/T полиморфизма гена NO-синтазы 3 вышеупомянутая тенденция отмечается для гетерозиготного генотипа GT. Усиление активности процессов катаболической направленности характеризуется достоверным возрастанием содержания кортизола ($P<0,05$) и отмечается почти у половины представителей данного генотипа (45,6 %). Вместе с тем представители данного генотипа отличаются меньшей встречаемостью возрастания ферментов КФК и АСТ, а гомозиготный ге-

нотип GG связан с достоверной встречаемостью возрастания данных ферментов (P<0,05).

Таблица 13 – Частота распределения снижения переносимости тренировочных нагрузок у спортсменов с различными полиморфными вариантами гена NOS3

	Биохимические показатели							
	мочевина		КФК		АСТ		кортизол	
	a/b полиморфизм *NOS3*							
	bb	ab	bb	ab	bb	ab	bb	ab
Всего исследований	1259	174	1147	174	982	174	204	42
Количество исследований и их соотношение (в %) за пределами референтных диапазонов	179 (14,2)*	16 (9,2)	294 (25,6)	54 (31,0)	164 16,7)	23 (13,2)	55 (27,0)	9 (21,4)
G/T полиморфизм *NOS3*								
	GG	GT	GG	GT	GG	GT	GG	GT
Всего исследований	1033	232	958	230	841	233	183	46
Количество исследований и их соотношение (в %) за пределами референтных диапазонов	131 (12,7)*	45 (19,4)	273 (28,5)*	47 (20,4)	157 18,7)*	19 (8,2)	51 (27,9)*	21 (45,6)
Примечание: * – различия достоверны по сравнению с гетерозиготным генотипом, P<0,05								

Таблица 14 – Частота распределения снижения переносимости тренировочных нагрузок у спортсменов с различными полиморфными вариантами генов *PPARA* и *PPARG*

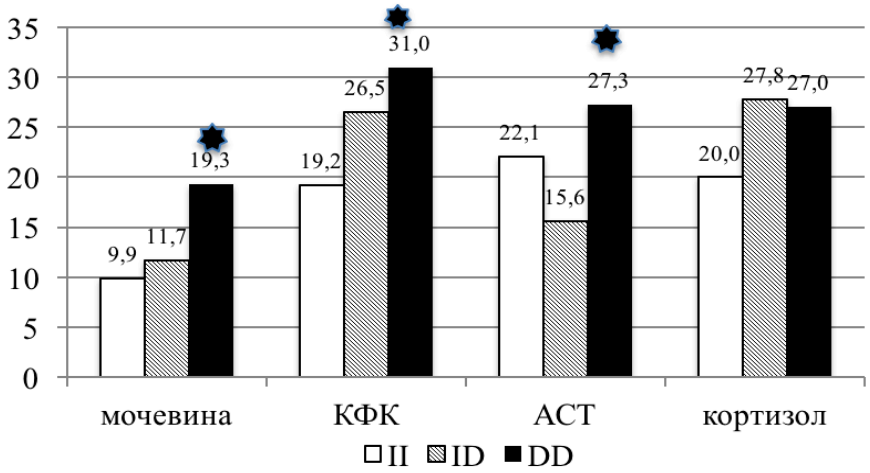
	Биохимические показатели							
	мочевина		КФК		АСТ		кортизол	
	g/c полиморфизм *PPARA*							
	gg	gc	gg	gc	gg	gc	gg	gc
Всего исследований	762	407	718	357	689	291	46	42
Количество исследований и их соотношение (в %) за пределами референтных диапазонов	112 (14,7)	67 (16,5)	162 (22,6)*	113 (31,7)	159 (23,1)	72 (24,7)	14 (30,4)	12 (28,6)
pro/ala полиморфизм *PPARG,*								
	pro/pro	pro/ala	pro/pro	pro/ala	pro/pro	pro/ala	pro/pro	pro/ala
Всего исследований	873	303	795	287	693	294	70	18
Количество исследований и их соотношение (в %) за пределами референтных диапазонов	129 (14,8)	49 (16,2)	397 (49,9)*	79 (27,5)	155 (22,4)	74 (25,2)	19 (27,1)	7 (38,9)
Примечание: * – различия достоверны по сравнению с гетерозиготным генотипом, P<0,05								

Гетерозиготный генотип gc гена *PPARA* ассоциирован с достоверно большей встречаемостью увеличения фермента КФК по сравнению с гомозиготным вариантом (P<0,05). Для гена *PPARG* аналогичная метаболическая закономерность связана с pro/pro генотипом, о чем свидетельствует высокие частотные ха-

рактеристики наличия отклонений содержания КФК (49,9 %), достоверно отличающиеся от таковых для гетерозиготного pro/ala генотипа (P<0,05).

У спортсменов с генотипом -9/-9 гена *BDRKB2* отклонения в содержании мочевины встречаются достоверно реже по сравнению с другими группами (P<0,05). Данный генотип ассоциируется с большей встречаемостью случаев увеличения активности фермента КФК. Кроме того, прослеживается тенденция к возрастанию напряженности метаболизма в мышечной ткани с увеличением доли аллели -9. Генотип +9/+9 ассоциируется с достоверно более частыми отклонениями в содержании фермента АСТ (P<0,05).

Выявлено снижение переносимости тренировочных нагрузок у представителей DD генотипа гена *ACE* (рисунок 8). Частотные характеристики наличия отклонений всех метаболитов, кроме кортизола, в группе этих спортсменов достоверно выше, чем у представителей других полиморфизмов (P<0,05). Значительные ассоциации с хорошей переносимостью тренировочных нагрузок выявлены для аллели I. Встречаемость отклонений в содержании мочевины возрастает с увеличением доли аллели D.

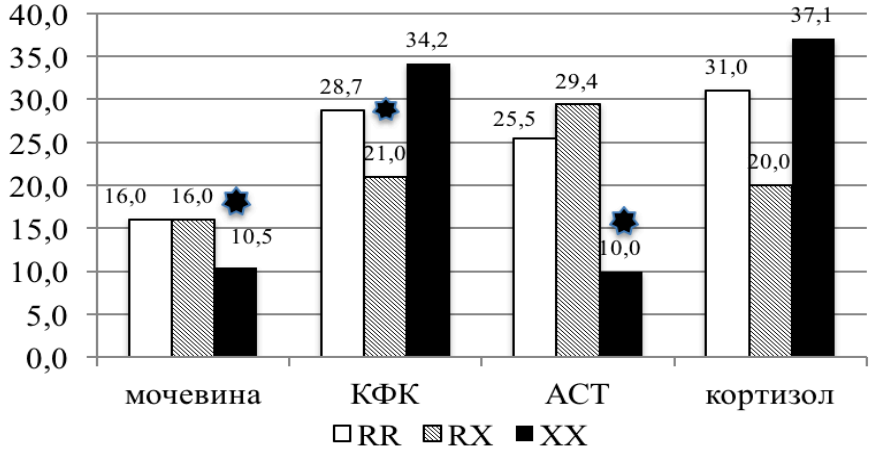


Примечания: по оси абсцисс – биохимический показатель; по оси ординат – частота встречаемости превышения референтных диапазонов (%)

Рисунок 8 – Частота встречаемости (%) отклонений биохимических показателей у спортсменов различных генотипов гена *ACE* (* – различия достоверны по сравнению с другими генотипами)

Для гена альфа-актинина 3 *ACTN3* хорошая переносимость тренировочных нагрузок ассоциирована с X аллелью (рис.9). Представители гомозиготного XX генотипа характеризуются наименьшей частотой превышения референтных гра-

ниц в содержании мочевины и активности АСТ, а у гетерозиготного RX генотипа достоверно реже встречаются отклонения в содержании КФК (P<0,05).



Примечания: по оси абсцисс – биохимический показатель; по оси ординат – частота встречаемости превышения референтных диапазонов (%)

Рисунок 9 – Встречаемость отклонений биохимических характеристик у спортсменов различных генотипов гена альфа-актинина 3 ACTN3 (* различия достоверны по сравнению с другими генотипами, P<0,05)

Наиболее значимой ассоциацией полиморфных вариантов гена AGT с ходом метаболической адаптации является низкая частота встречаемости отклонений КФК у спортсменов с гомозиготным генотипом ММ гена AGT по сравнению с вариантами МТ и ТТ. В пользу лучшей переносимости нагрузок спортсменами этого генотипа свидетельствует достоверно более низкая встречаемость отклонений в содержании мочевины и АСТ (P<0,05).

ВЫВОДЫ

1. Разработанный алгоритм учета и анализа факторов преаналитического, аналитического и постаналитического этапов в спортивной биохимии и гематологии является основой объективной интерпретации результатов клинико-лабораторного мониторинга тренировочного процесса в спорте высших достижений.

2. Выявленные особенности и динамика изменения клинико-лабораторных показателей при срочной адаптации системы крови позволяют повысить эффективность тренировочного процесса.

Анализ динамики биохимических показателей при выполнении максимальной велоэргометрической нагрузки во взаимосвязи с биоэнергетическими

характеристиками позволяет оценить «метаболическую стоимость» выполненной работы.

В результате биохимического мониторинга тренировочных нагрузок различной направленности определены количественные характеристики изменения биохимических показателей, характеризующих различные тренировочные эффекты. Относительные величины вариативности клинико-лабораторных показателей составили 25,8–30,5 % для мочевины и 49,9–97,7 % для КФК. Достоверно более высокие изменения активности КФК наблюдались под воздействием нагрузок силовой направленности, для концентрации мочевины - аэробной.

Определена вариативность параметров, характеризующих степень метаболического ответа на соревновательную нагрузку. Выявлены особенности мобилизации гликолитического механизма энергообеспечения в зависимости от вида соревновательной дистанции в биатлоне и плавании. Установлена более высокая степень активации гликолиза в условиях соревнований у мужчин по сравнению с женщинами.

3. Разработанные физиологические границы изменения клинико-лабораторных показателей для оценки долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам учитывают особенности вида спорта, пола обследуемых, этапа подготовки и направленность воздействия тренировочных нагрузок.

Формирование реакций переактивации и хронического стресса ассоциировалось со снижением физической работоспособности и эффективности метаболических процессов. Реакции тренировки и спокойной и повышенной активации характеризовались экономизацией функционирования механизмов энергообеспечения. Возникновение НАРО антистрессорного типа ассоциировано с оптимальными метаболическими изменениями под влиянием тренировочных нагрузок. Достоверно более высокая частота встречаемости реакций стрессорного типа обнаружена на обще-подготовительном этапе (30,6 %) по сравнению со специально-подготовительным (18,9 %).

Эффект воздействия тренировочных нагрузок на показатели содержания ретикулоцитов в годичном тренировочном цикле связан с видом спорта, полом и возрастом обследуемых спортсменов, а также с направленностью, длительностью и интенсивностью физических нагрузок в различные периоды подготовки. Отмечено возрастание числа ретикулоцитов и фракции незрелых форм от общеподготовительного к специально-подготовительному периоду и дальнейшее достоверное снижение в соревновательном периоде. У женщин в возрастном аспекте отмечалось ингибирование процессов эритропоэза, а у мужчин – активация.

У спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, выявлен широкий диапазон изменения активности фермента КФК. Коэффициент вариации составил 65,0–102,9 % у мужчин и 44,0–128,8 % у женщин. Достоверно более высокие значения активности креатинфосфокиназы отмечались у мужчин по сравнению с женщинами. Обнаружена тенденция снижения активности КФК от подготовительного к соревновательному периоду. Частота встречаемости выхода активности КФК за пределы популяционных норм составила 29,0%.

Высокая напряжённость тренировочного процесса в циклических видах спорта сопровождалась повышением активности ферментов АСТ и АЛТ выше верхней границы популяционных норм у 23,2 % и 9,3 % обследуемых соответственно. Разработанные физиологические значения коэффициента де Ритиса для спортсменов циклических видов спорта позволяют оценить органную специфичность напряженности метаболических процессов.

Существует достоверная зависимость динамики мочевины, триглицеридов и глюкозы от особенностей периода подготовки, вида спорта и пола спортсменов. Снижение скорости восстановления углеводных и липидных энергоресурсов у спортсменов циклических видов спорта отмечалось в 5,1 и 8,4 % соответственно.

4. Разработанная методика оценки диагностической информативности определения биохимических показателей в спорте высших достижений основана на сравнении характера метаболической адаптации в период предсезонной подготовки с результатами соревновательной деятельности.

Для результатов клинико-лабораторных исследований в спорте высших достижений диагностическая чувствительность составила 5,5–84,6 %, диагностическая специфичность – 87,5-100,0 %, диагностическая эффективность – 35,8-85,7%, предсказательная ценность положительного (ПЦ+) – 88,0-100,0 % и отрицательного результатов исследования (ПЦ-) – 33,3-77,8 %.

Более высокой диагностической информативностью обладают результаты биохимического мониторинга на обще-подготовительном этапе подготовки по сравнению со специально-подготовительным.

Высокая степень информативности показателей, характеризующих изменения гормонального баланса и клеточного состава периферической крови, дает возможность прогнозировать результаты предстоящей соревновательной деятельности.

5. Адаптация к тренировочным нагрузкам в условиях экстремальной деятельности сопровождалась характерными сдвигами клинико-лабораторных пока-

зателей, характеризующих напряженность работы отдельных метаболических и ферментных систем организма.

Адекватная интенсивность тренировочной деятельности, не связанной с чрезмерной активацией метаболических процессов, приводила к возрастанию кислородтранспортных возможностей крови. Тренировочная работа, не сопровождающаяся чрезмерными метаболическими сдвигами, не позволяла активировать эритропоэз и реализовать один из важнейших эффектов среднегорной подготовки.

Установлена направленность изменения клинико-лабораторных показателей и разработаны критерии и схема клинико-лабораторного мониторинга при климато-поясной адаптации после перелета на восток.

Для определения оптимального времени адаптации каждого конкретного спортсмена высокой информативностью обладает изучение до и после перелета динамики уровня гормонов, обладающих циркадной ритмичностью.

6. Процессы метаболической адаптации к тренировочным нагрузкам у представителей циклических видов спорта достоверно связаны с полиморфизмом отдельных генов, ассоциированных с развитием и проявлением различных физических качеств.

Хорошая переносимость тренировочных нагрузок ассоциирована с наличием -9 аллели гена BDRKB2, I аллели гена ACE, а также с генотипами ab гена NOS3 и XX гена ACTN3. Предрасположенность к снижению переносимости нагрузок отмечалась у обладателей +9 аллели гена BDRKB2, R аллели гена ACTN3 и D аллели гена ACE. Повышение напряженности систем энергообмена в мышечной ткани и снижение переносимости нагрузок силового и скоростно-силового характера проявлялась у носителей аллелей D гена ACE, –9 гена BDRKB2, C гена PPARA, pro гена PPARG и генотипов GG гена NOS3 и XX гена ACTN3. Высокая переносимость нагрузок силового и скоростно-силового характера характерна для спортсменов – обладателей +9 аллели гена BDRKB2, I аллели гена ACE, а также генотипов GT по гену NOS3 и GG по гену PPARA.

Частота встречаемости напряжения энергообмена в миокарде у спортсменов в видах спорта, требующих проявления выносливости, ассоциирована с +9 аллелью гена BDRKB2 и генотипами GG гена NOS3, MT гена AGT и DD гена ACE.

Практические рекомендации

1. Использование разработанных критериев изменения биохимических показателей для оценки срочной и долговременной адаптации позволяет оценить

переносимость нагрузок, избегать перенапряжения соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности и вырабатывать оптимальные корректирующие воздействия на разных этапах подготовки спортсменов.

2. Результаты исследования динамики КФК и мочевины до и после тренировочного занятия необходимо использовать для количественного и качественного подбора физических упражнений различной направленности с целью адекватного ответа на тренировочные нагрузки.

3. Выявленные ассоциации полиморфизма генов с переносимостью тренировочных нагрузок и особенностями метаболизма при физических нагрузках разной направленности требуют индивидуализации тренировочных программ для спортсменов с разными генотипами.

4. Полученные данные о типах НАРО позволяют оптимизировать тренировочный процесс путем развития и поддержания соответствующей адаптационной реакции в зависимости от этапа подготовки спортсменов. Целенаправленное возникновение и поддержание антистрессорных реакций организма с оптимальным метаболизмом способствует улучшению переносимости тренировочных нагрузок.

5. Практическим аспектом выявленных ассоциаций содержания кортизола и соревновательного результата является целесообразность в период предсезонной подготовки выстраивать тренировочный процесс в соответствии с адекватным метаболическим ответом со стороны эндокринной системы.

6. Биохимический мониторинг процессов метаболизма в условиях гипоксии позволяет избежать дисбаланса адаптационных процессов и последующего снижения эффективности среднегорной подготовки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгоритм оценки адаптационных изменений организма спортсменов к напряженным физическим нагрузкам и перспективы исследований

Изучение различных аспектов клинико-лабораторного мониторинга тренировочного процесса в циклических видах спорта позволило сформировать системный подход в оценке адаптационных возможностей организма спортсмена. Схематически алгоритм оценки адаптационных изменений организма спортсменов к напряженным физическим нагрузкам с использованием клинико-лабораторных исследований в капиллярной крови представлен на рисунке 9. Предложенный алгоритм является комплексным физиологически-обоснованным подходом в управлении подготовкой спортсменов высокой квалификации цикли-

ческих видов спорта и позволяет избегать перенапряжения функциональных и энергообеспечивающих систем при напряженной мышечной деятельности.

Рисунок 9 – Алгоритм оценки адаптационных изменений организма спортсменов к напряженным физическим нагрузкам с использованием клинико-лабораторных исследований в капиллярной крови

Предложенная схема представляет собой единую систему клинико-лабораторного контроля напряженной мышечной деятельности. Использование данной схемы и разработанных критериев позволяет учитывать особенности метаболизма, связанные с полом спортсменов, видом спорта, периодом подготовки,

направленностью тренировочных нагрузок, а также с учетом специфики экстремальных условий подготовки и особенностей генетического полиморфизма.

Результаты выполненных исследований открывают перспективы совершенствования методологий оценки адаптационных процессов в спорте высших достижений. Появление новых современных методов клинико-лабораторного контроля, технологий тренировочного процесса, а также расширение знаний о генетических маркерах физической деятельности имеют перспективу проведения научных исследований в данном направлении с последующей разработкой критериев для практического применения в спорте высших достижений. Предложенные подходы оценки диагностической информативности клинико-лабораторных показателей в спорте высших достижений являются перспективными для прогнозирования соревновательной деятельности с использованием современных компьютерных технологий анализа различных аспектов подготовленности спортсменов. Результаты выполненных исследований имеют перспективы развития и применения в ациклических видах спорта.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК

1. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь состояния клеточного звена иммунной системы и показателей физической работоспособности гребцов-академистов / И.Л. Рыбина, Н.Н. Иванчикова, Н.В. Передерий // Медицинская иммунология. – 2007. – № 2–3, — С. 310–311.

2. Рыбина, И.Л. Биохимическая адаптация организма лыжников-гонщиков к высокоинтенсивным физическим нагрузкам в равнинных и горных условиях / И.Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 6. – С. 47–50.

3. Рыбина, И.Л. Учет влияния факторов преаналитического этапа – необходимое условие обеспечения качества в спортивной биохимии / И.Л. Рыбина// Вестник спортивной науки. – 2012. – № 3. – С. 61–64.

4. Рыбина, И.Л. Определение диагностической информативности биохимических показателей, наиболее актуальных для спортивной практики / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 2. – С. 31–35.

5. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь полиморфизма отдельных генов с переносимостью тренировочных нагрузок лыжников-гонщиков в годичном цикле подготовки / И.Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 4. – С. 45–49.

6. Рыбина, И.Л. Использование активности креатинфосфокиназы в оценке срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам / И.Л. Рыбина, З.М. Кузнецова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2015. – № 3 (36). – С. 150–158.

7. Рыбина, И.Л. Неспецифические адаптационные реакции в системе оценки биоэнергетических возможностей организма пловцов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 1. – С. 33–37.

8. Рыбина, И.Л. Ассоциации генетического полиморфизма с переносимостью тренировочных нагрузок в циклических видах спорта / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец, А.И. Нехвядович, А.Н. Будко // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 2. – С. 36–40.

9. Рыбина, И.Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 3. – С. 28–33.

10. Рыбина, И.Л. Физиологические значения активности креатинфосфокиназы у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 6. – С. 36–41.

11. Рыбина, И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 135–139.

12. Рыбина, И.Л. Адаптационные изменения гомеостаза под влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок / И.Л. Рыбина, А.А. Михеев, А.И. Нехвядович // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – № 1. – С. 21–24.

13. Рыбина, И.Л. Особенности метаболических изменений при адаптации организма спортсменов циклических видов спорта к тренировочным нагрузкам в условиях среднегорной подготовки / И.Л. Рыбина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2016. – № 1 (38). – С. 231–237.

14.Рыбина, И.Л. Особенности биоэнергетических характеристик мышечной деятельности спортсменов с различными полиморфными вариантами гена ACE / И.Л. Рыбина // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 3. – С. 61.

15. Рыбина, И.Л. Метаболические реакции организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в условиях соревновательной деятельности / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2016. – № 1. – С. 43–46.

16.Рыбина, И.Л. Особенности биохимических маркеров переносимости тренировочных нагрузок у спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – № 2. – С. 33–39.

Методические рекомендации

17.Рыбина, И.Л. Модельные характеристики высококвалифицированных спортсменов: науч. издание / П.М. Прилуцкий, Н.А. Парамонова [и др.]. – Минск, 2007. – 231 с.

18.Рыбина, И.Л. Временная и климатическая адаптация организма спортсменов к условиям проведения Олимпийских Игр в Пекине: метод. рекомендации / П.М. Прилуцкий, И.Л. Рыбина, Л.В. Филипович, М.К. Борщ, М.П. Королевич. – Минск, 2007. – 93 с.

19.Рыбина, И.Л. Особенности адаптационных изменений в организме высококвалифицированных спортсменов при тренировочной и соревновательной деятельности в климатогеографических условиях Китая: метод. рекомендации / И.Л. Рыбина, Е.В. Планида, А.И. Нехвядович, Н.В. Шераш. – Минск, 2008. – 48 с.

20. Рыбина, И.Л. Использование динамики содержания ретикулоцитов в контроле подготовкой спортсменов высокой квалификации: методические рекомендации / И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, Н.Н. Иванчикова, А.Н. Будко. – Минск, 2014. – 52 с.

21. Рыбина, И.Л. Управление тренировочным процессом в видах спорта, требующих выносливости, с учетом данных молекулярной генетики: методические рекомендации / А.А. Михеев, И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, Н.Н. Иванчикова, А.Н. Будко, О.Н. Садомова, А.А. Гилеп. – Минск, 2014. – 35 с.

22. Рыбина, И.Л. Программа контроля и оптимизации тренировочного процесса на основе оценки неспецифических адаптационных реакций по лейкоцитарной формуле у спортсменов высокой квалификации: практ. пособие / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина, Н.Н. Иванчикова, А.Н. Будко. – Минск, 2015. – 40 с.

Статьи в научных журналах

23. Рыбина, И.Л. Оценка срочных и отставленных постнагрузочных изменений морфологического состава белой крови у пловцов высокой квалификации / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спора Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2005. – Вып. 5. – С. 124–129.

24.Рыбина, И.Л. Особенности иммунологического статуса спортсменок высокой квалификации различных соматотипов / И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, М.К. Борщ // Медицинская иммунология. – 2006. – № 2–3, Т. 8. – С. 382−383.

25. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь состояния клеточного звена иммунной системы и показателей физической работоспособности спортсменов высокой квалификации в гребле академической / И.Л. Рыбина, Н.Н. Иванчикова, Н.В. Передерий // Актуальные проблемы спорта высших достижений и подготовки спортивного резерва к участию в XXIX Олимпийских играх 2008 года в г. Пекине (КНР): Сб. науч. трудов. – 2006. – С. 189−193.

26. Рыбина, И.Л. Особенности гормональных изменений у спортсменок в гребле академической в зависимости от периода подготовки с учетом фаз овариально-менструального цикла / А.И. Нехвядович, Е.Т. Зубовская, И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь. – 2006. – № 6. – С. 230–235.

27. Рыбина, И.Л. Оценка адаптационных возможностей спортсменов по показателям морфологического статуса белой крови / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина // Ученые записки. – 2006. – № 9. – С. 110–115.

28. Рыбина, И.Л. Изменение гематокрита и концентрации гемоглобина в крови спортсменов в период адаптации к временным и климатическим условиям Пекина / И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – 2007. – Вып. 7 – С. 192–196 .

29. Рыбина, И.Л. Особенности адаптации белорусских спортсменов к соревновательной деятельности в условиях жаркого и влажного климата /

Е.В. Планида, И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 8. – С. 163–168.

30. Rybina, I. Hormones concentration changes as a marker of the athletes adaptation by traveling across several time zones / I. Rybina // Sporto moklas. – 2009. – № 2. – P. 26–30.

31. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь структурного полиморфизма гена CYP17 (C/T-34) с биохимическими и биоэнергетическими характеристиками человека / И.Л. Гилеп, Н.Н. Иванчикова, И.Л. Рыбина, А.А. Гилеп // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2009. – № 4. – С. 118–126.

32. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента с успешностью соревновательной деятельности пловцов высокой квалификации / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина, И.Л. Гилеп, А.Н. Будко, Н.В. Передерий // Мир спорта. – 2009. – № 2 (35). – С. 71–75.

33. Рыбина, И.Л. Комплексный анализ полиморфизма генов *CYP17A1* и *ACE* у спортсменов / И.Л. Гилеп, А.В. Ильютик, И.Л. Рыбина // Ученые записки. – 2010. – № 13. – С. 213–221.

34. Рыбина, И.Л. Успешность соревновательной деятельности биатлонисток высокой квалификации в зависимости от полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 9. – С. 226–232.

35. Рыбина, И.Л. Референтные интервалы количества ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в крови высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л Рыбина, Н.В. Передерий // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 9. – С. 266–269.

36. Рыбина, И.Л. Общие подходы к индивидуализации процесса подготовки высококвалифицированных спортсменов на основании генетического полиморфизма (на примере гена АКФ) / И.Л. Рыбина, А.А. Михеев, И.Л. Гилеп // Журнал Академії медичних наук України. − 2010. − Т. 16. − С. 157–158.

37. Рыбина, И.Л. Особенности скорости элиминации лактата из периферической крови у высококвалифицированных лыжников-гонщиков во взаимосвязи со спортивным результатом и метаболическим статусом организма спортсменов / И.Л. Рыбина, И.В. Листопад // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 9. – С. 261–265.

38.Рыбина, И.Л. Адаптационные изменения содержания ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в процессе подготовки у биатлонистов высокой квалификации / Н.Г. Кручинский, И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович // Спортивная медицина: наука и практика. – 2011. – № 4. – С. 7–13.

39. Рыбина, И.Л. Влияние тренировочных нагрузок на состояние внутренней среды организма высококвалифицированных лыжников-гонщиков в горных условиях / И.Л. Рыбина // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 10. – С. 269–273.

40. Рыбина, И.Л. Использование ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в практике подготовки высококвалифицированных спортс-

менов / И.Л. Рыбина, И.Н. Жлобович, Н.Г. Кручинский // Спортивная медицина. – 2011. – № 1–2. – С. 69–73.

41. Рыбина, И.Л. Ассоциации полиморфизма генов, связанных с выносливостью, с переносимостью тренировочных нагрузок лыжников-гонщиков в годичном цикле подготовки / И.Л. Рыбина, И.В. Листопад, А.А. Гилеп, А.И. Нехвядович // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 11. – С. 182–188.

42. Рыбина, И.Л. Типы общих адаптационных реакций, определяемых по лейкоцитарной формуле у спортсменов высокой квалификации / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина, Н.Н. Иванчикова, О.Н. Садомова // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 11. – С. 160–166.

43. Рыбина, И.Л. Особенности генетического полиморфизма спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в различных видах легкой атлетики / А.Н. Будко, И.Л. Рыбина, В.А. Синелев, И.В. Гайдукевич, А.В. Свирид // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 13. – С. 258–265.

44. Рыбина, И.Л. Особенности генома пловцов высокой квалификации / А.И. Нехвядович, И.Л. Рыбина, А.А. Гилеп, В.А. Синелев // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 12. – С. 114–125.

45. Рыбина, И.Л. Оценка адаптационных изменений гомеостаза у спортсменов под влиянием физических нагрузок по соотношению лимфоцитов и нейтрофилов / И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь: сб. науч. тр. – Минск, 2014. – Вып. 14. – С. 150–157.

46. Рыбина, И.Л. Возможности оценки функционального состояния и процессов адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам с использованием клинико-лабораторных методов исследования / И.Л. Рыбина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2015. – № 3–4. – С. 176–183.

47. Rybina, I. Reticulocytes as a marker of oxygen transport system adaptation to physical activity in endurance sports / I. Rybina // Baltic Journal of Sport & Health Sciences. – 2015. – № 2(97). – P.23–26.

48. Рыбина И.Л. Влияние высокоинтенсивных физических нагрузок на динамику клинико-лабораторных показателей / И.Л. Рыбина // Терапевт. – 2016. – № 5. – С. 12-17.

Материалы конференций

49. Рыбина, И.Л. Итоги биохимического сопровождения национальных команд при подготовке к зимним Олимпийским играм в Турине / И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, Н.В. Передерий // Материалы семинара-совещания по научному обеспечению подготовки спортсменов национальных команд Республики Беларусь к Олимпийским играм 2006 года в Турине, Минск, 17 октября 2005 г. – Минск, 2005. – С. 8–19.

50. Рыбина, И.Л. Биохимические аспекты воздействия климатогеографических условий Пекина на организм легкоатлетов / И.Л. Рыбина // Научно-

практические проблемы спорта высших достижений: материалы Междунар. конф., Минск, 29–30 нояб. 2007 г. / редкол.: А.В. Григоров (гл. ред.) [и др.]; Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь. – Минск: БГУФК, 2007. – С. 211–215.

51. Рыбина, И.Л. Особенности адаптации организма спортсмена к условиям проведения Олимпиады 2008 г. / А.И. Бондарь, П.М. Прилуцкий, Е.В. Планида, И.Л. Рыбина // Научно-практические проблемы спорта высших достижений: материалы Междунар. конф., Минск, 29-30 ноября 2007 г. / редкол.: А.В. Григоров (гл. ред.) [и др.]; Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь. – Минск: БГУФК, 2007. – С. 40–43.

52. Рыбина, И.Л. Применение методов клинической лабораторной диагностики для контроля тренировочных нагрузок спортсменов высокой квалификации./ И.Л. Рыбина, А.А. Лиходиевский // Сборник материалов VII съезда специалистов клинической лабораторной диагностики Республики Беларусь. – Минск, 2007. – С. 253–254.

53. Рыбина, И.Л. Динамика показателей физической работоспособности высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в биатлоне, с различными вариантами полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента / И.Л. Рыбина, А.И. Бондарь, А.Б. Сметанникова, И.Л. Гилеп // Научно-практические проблемы спорта высших достижений: материалы Междунар. конф., Минск, 4–5 дек. 2008 г. – Минск, 2008. – С. 230–234.

54. Рыбина, И.Л. Полиморфизм гена ангиотензин-конвертирующего фермента у спортсменов различных видов спорта / А.И. Бондарь, И.Л. Рыбина // Актуальные проблемы теории и методики физической культуры и спорта учащейся молодежи: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию кафедры физической культуры и спорта Белорусского национального технического университета. – Минск: БНТУ, 2008. – С. 76–81.

55. Рыбина, И.Л. Особенности функциональных характеристик сердечно-сосудистой системы у представителей зимних видов спорта в зависимости от полиморфизма гена АКФ / В.К. Гонестова, И.Л. Рыбина // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апр. 2009 г. – Минск: БГУФК, 2009. – С.35–41.

56. Рыбина, И.Л. Биохимические аспекты адаптации спортсменов к временным и климатическим условиям Пекина / И.Л. Рыбина // Адаптация в спорте: состояние, перспективы, проблемы: материалы Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 24–25 сентября 2009 г. – СПб., 2009. – С. 201–202.

57. Рыбина, И.Л. Теоретико-методологические и практические аспекты генетических исследований в спорте / А.А. Михеев, И.Л. Рыбина, С.А. Усанов, И.Л. Гилеп, А.А. Гилеп // Актуальные проблемы подготовки резерва в спорте высших достижений: материалы Международной науч.-практ. конф., Минск, 11–12 ноября 2009 г. – Минск: БГУФК, 2009. – Т. 1. – С. 183–186.

58. Рыбина, И.Л. Молекулярная диагностика в спорте высших достижений / А.А. Гилеп, В.А. Синелев, С.А. Усанов, И.Л. Рыбина, Н.Н. Иванчикова, И.Л. Гилеп // Здоровье для всех: материалы первой Междунар. науч.-практ. конф., Пинск,

21–22 мая 2009 г. / Национальный банк РБ [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – С. 34–35.

59. Рыбина, И.Л. Биоэнергетические характеристики физической работоспособности спортсменов зимних циклических видов спорта с учетом полиморфизма гена АКФ / И.Л. Рыбина, А.Б. Сметанникова, И.Л. Гилеп // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апреля 2009 г. – Минск: БГУФК, 2009. – С. 125–129.

60. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь полиморфизма генов определяющих показатели гемодинамики с профилизацией пловцов в юношеском возрасте / В.А. Синелев, И.Л. Гилеп, И.Л. Рыбина, С.А. Усанов, А.А. Гилеп // Плавание V: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 10–12 октября 2009 г. / НГУ им. Лесгафта; под ред. А.В. Петряева. – СПб., 2009. – С. 71–76.

61. Genes Polymorphism and Physical Performance of Junior Swimmers / V. Sinelyov, I. Rybina [et al.] // Book of Abstracts and Proceedings from The 1 st Wingate Congress of Exercise and Sport Sciences, The Zinman College of Physical Education and Sport Sciences at the Wingate Institute Israel, June 3-6, 2010. – P. 132.

62. Рыбина, И.Л. Адаптация организма лыжников-гонщиков к тренировочным нагрузкам в равнинных и горных условиях / И.Л. Рыбина, И.В. Листопад // Здоровье для всех: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 19–20 мая 2011. – Пинск, 2011. – С. 145–148.

63. Рыбина, И.Л. Исследование достижений молекулярной генетики для индивидуализации тренировочного процесса и профилизации абитуриентов при зачислении в училище олимпийского резерва Республики Беларусь / И.Л. Рыбина, А.А. Михеев, А.Н. Будко, А.А. Гилеп // Актуальные проблемы подготовки спортивного резерва: материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф., Москва, 19–20 мая 2011 г. – М., 2011. – С. 174–176.

64. Рыбина, И.Л. Исследование pro/ala-полиморфизма гена PPARG у конькобежцев / А.В. Ильютик, И.Л. Гилеп, И.Л. Рыбина, И.В. Гайдукевич, И.Н. Рубченя // Актуальные проблемы регенеративной медицины: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киев, 4–5 октября 2012 г. / редкол.: Г.М. Бутенко (гл. ред.) [и др.]. – Киев: АМН Украины, 2012. – Т. 18, дополнение. – С. 59–60.

65. Рыбина, И.Л. Полиморфизм гена ACE как показатель переносимости физических нагрузок различной направленности / Н.В. Шведова, И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, В.С. Пранович / Физические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма – Казань, 2014. – С. 29–31.

66. Rybina, I. Reticulocytes as a marker of oxygen transport system adaptation to physical activity in cyclic sports / I. Rybina // Book of Abstracts from 8th Conference of Baltic Society of Sport Sciences «Sport science for sports practice and teachers training». – Vilnius, Lithuania, April 22–24, 2015. – P. 176–177.