

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр спорта»

Нехвядович А. И., Рыбина И. Л., Будко А. Н., Мороз Е. А.

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ СПОРТСМЕНОВ

Методические рекомендации

Минск
РНПЦ спорта
2017

УДК 796.01:577(072)
ББК 28:75.0я73
М 54

*Рекомендованы к изданию экспертной комиссией РНПЦ спорта,
протокол № 5 от 24 ноября 2017 года.*

Авторы:

А. И. Нехвядович, кандидат педагогических наук, доцент,
И. Л. Рыбина, доктор биологических наук,
А. Н. Будко,
Е. А. Мороз

Рецензенты:

Н. Г. Кручинский, доктор медицинских наук, доцент,
Е. В. Планида, кандидат биологических наук

Нехвядович А. И.

М 54 Методы лабораторных обследований спортсменов: методические
рекомендации / А.И. Нехвядович [и др.]. – Минск: РНПЦ спорта, 2017. –
36 с.

ISBN 978-985-7054-41-1

УДК 796.01:577(072)
ББК 28:75.0я73

В методических рекомендациях представлена полная информация о клинико-лабораторных исследованиях, проводимых на базе лаборатории биохимии, оснащении лабораторным оборудованием и материалами, этапах обследований спортсменов, а также дана краткая характеристика общепринятых в спортивной практике биохимических и гематологических методах контроля.

Предназначены для лабораторий республиканского и областных диспансеров спортивной медицины, врачей и тренеров национальных команд и спортивного резерва.

ISBN 978-985-7054-41-1

© Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта», 2017
© Оформление. ГУ «Республиканский учебно-методический центр физического воспитания населения», 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время подходы управления тренировочным процессом в циклических и ациклических видах спорта не представляются возможным без применения методов биохимического контроля для решения многих задач тренировочного процесса.

На основании результатов биохимического контроля проводится определение, во-первых, интенсивности тренировочных нагрузок, выполняемых спортсменами на различных этапах подготовки, их адекватности функциональному состоянию и достаточности для роста адаптационного резерва организма. Во-вторых, по результатам биохимических обследований спортсменов устанавливается развитие аэробных и анаэробных возможностей их организма, переносимость тренировочных и соревновательных нагрузок, степень реализации индивидуальных биоэнергетических возможностей организма в различных условиях подготовки, скорость процессов восстановления, состояние кислород-транспортных функций крови, диагностика и прогнозирование предпатологических состояний и перенапряжений функциональных систем и органов.

В ходе медико-биологических обследований спортсменов различных видов спорта используется большое количество тестов для определения их функциональной подготовленности, причем даже в родственных видах применяются тесты разной направленности.

При этом правильной оценке функциональной подготовленности спортсменов способствует использование единой системы комплексной оценки различных функций организма спортсменов, единой программы тестирующих нагрузок, разработанной и используемой в лаборатории биохимии РНПЦ спорта.

Биохимические обследования спортсменов национальных команд и спортивного резерва Республики Беларусь осуществляются с применением унифицированных программ. По полученным данным проводится комплексная оценка физической подготовленности и функционального состояния различных физиологических систем организма спортсменов, устанавливаются возможные факторы риска перенапряжений или состояний, снижающих эффективность тренировочного процесса, своевременно принимаются решения по коррекции неблагоприятных состояний, вносятся предложения по проведению реабилитационных мероприятий и разрабатываются рекомендации по оптимизации тренировочных и соревновательных нагрузок.

Система подготовки спортсменов в циклических видах спорта на современном этапе характеризуется повышением эффективности тренировочного процесса, находящегося на пределе физических возможностей [3, 8, 14–16, 19]. Контроль течения адаптационных процессов требует адекватных и информативных методов. В настоящее время для оценки динамики функционального состояния используется ряд педагогических и медико-биологических

методов исследования. Биохимические методы исследования в значительной степени отвечают вышеуказанным требованиям и широко используются в тренировочном процессе [2, 4, 10–12, 17, 20, 25–27, 29]. Специалистами, работающими в области спортивной биохимии, постоянно осуществляется поиск надежных методов и диагностических тестов, наиболее точно отражающих картину изменений метаболизма при высокоинтенсивных физических нагрузках [5–7, 20, 22, 25–27, 29].

Важным условием эффективного использования биохимических методов оценки адаптации является правильная 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 клиничко-лабораторного контроля, разработки и совершенствования оценочных критериев.

Клиничко-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 клиничко-лабораторного контроля. При оценке адаптации к тренировочным нагрузкам необходимо принимать во внимание генетические особенности организма спортсмена [1, 18, 24].

Высокий уровень качества выполняемых исследований является непременным условием эффективности клиничко-лабораторного контроля [9, 21, 23, 28, 30]. Основные положения стандарта качества обязательны к применению при выполнении клиничко-лабораторных исследований в спорте высших достижений [21].

Целью биохимического мониторинга спортсменов является обеспечение постоянного текущего контроля функционального состояния спортсменов, сбора, обработки и анализа информации, выраженных в показателях тестов о всесторонней подготовленности:

1) определения степени реализации спортсменом (командой) различных сторон подготовленности – функциональной, физической, психологической, тактико-технической в условиях ответственных соревнований;

2) проведения сравнительного анализа результатов соревновательной деятельности с планируемым и достигнутым уровнем этапной готовности спортсменов по модельным характеристикам;

3) разработки комплекса необходимых рекомендаций и внесения предложений по коррекции индивидуальных и командных планов подготовки и соревновательной деятельности. При обследовании соревновательной деятельности определяется степень реализации спортсменом (командой) достигнутого уровня подготовленности.

Главной задачей биохимического контроля в спорте является практическая помощь тренерам и спортсменам, позволяющая повысить эффективность тренировочного процесса.

ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ

Биохимические исследования (определение углеводов, белковых и жировых субстратов, а также активности ряда ферментов) в лаборатории биохимии РНПЦ спорта проводятся с использованием фотометра РМ 2111 (Солар, Республика Беларусь).

Содержание лактата в крови определяется с использованием анализатора Biosen C_Line, Sport (Германия).

Гормональные исследования проводятся с использованием гормонального анализатора I-CHROMATM (Корея) и плашечного иммуноферментного анализатора StatF AX-2100 (Австрия).

Гематологические показатели определяются с использованием гематологического анализатора SYSMEX XT-2000i (Япония), портативного гематологического анализатора BD QBC Autoread Plus System (США) и портативного гематологического анализатора НЕМО CONTROL, EKF diagnostic (Германия).

Определение показателей физической работоспособности в различных зонах интенсивности процессов аэробного и анаэробного энергообеспечения и их динамики на этапах годичной или многолетней подготовки осуществляется с использованием автоматизированной системы «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» [13].

КОНТИНГЕНТ ОБСЛЕДУЕМЫХ

Спортсмены национальных команд основного и переменного состава, сборных команд резерва.

ПОКАЗАНИЯ К ПРОХОЖДЕНИЮ ОБСЛЕДОВАНИЯ:

- назначение врача команды;
- этапное определение аэробных и анаэробных возможностей;
- коррекция тренировочного процесса;
- переносимость тренировочных нагрузок.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОХОЖДЕНИЮ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Не допускаются к тестированию спортсмены, не прошедшие УМО и не получившие врачебный допуск.

1. ЭТАПЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ В ЛАБОРАТОРИИ БИОХИМИИ

Лабораторное обследование спортсменов принято разделять на три этапа: *преаналитический, аналитический и постаналитический*. Аналитический этап полностью проходит в лаборатории, два других этапа имеют довольно существенную внелабораторную составляющую.

В лаборатории биохимии проводятся исследования, которые соответствуют потребностям тренировочного процесса, адекватны 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 клиничко-лабораторных исследований в спортивной биохимии.

Во внелабораторную фазу преаналитического этапа входит: заявка на исследование в зависимости от поставленных задач тренером или врачом команды; совместно с тренером и биохимиком определение времени, места исследования и информативных тестов; информирование спортсмена тренером и (или) биохимиком о предстоящем обследовании; процедура забора фельдшером-лаборантом биоматериала; хранение образцов биоматериала и правила транспортировки их в лабораторию, маркировка образцов биоматериала для последующей идентификации.

Лабораторная часть преаналитического этапа начинается с момента доставки пробы в лабораторию. Выделяют следующие этапы этой части:

- организация приема проб (регистрация образцов биоматериала в лаборатории);
- идентификация номера проб образца с данными обследуемого;
- при необходимости условия и сроки хранения проб до анализа;
- распределение полученных проб по видам исследований;
- пробоподготовка биоматериала к исследованию (центрифугирование, отбор сыворотки и т.д.).

При поступлении материала в лабораторию проверяется состояние проб, время взятия и доставки материала. После центрифугирования наиболее частые критерии отказа – гемолиз, мутность пробы.

Материалом для клиничко-лабораторных исследований лаборатории биохимии является капиллярная кровь. Желательно, чтобы

биохимические обследования начинались в утренние часы или через 3–4 часа после работы или приема пищи.

Цельную капиллярную кровь забирают гепаринизированными капиллярами для гематологических исследований в капилляр для определения лактата крови.

Кровь для получения сыворотки берут в однократно использованный эппендорф. Кровь центрифугируется и отделяется сыворотка от сгустка. Сыворотка – это плазма, лишенная фибриногена.

В лаборатории биохимии налажена система контроля качества, которая позволяет выявить ошибки и проводить целенаправленные мероприятия, сводящие их к минимуму.

Затем идет аналитический этап – непосредственно обработка и получение результатов проб.

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

Внелабораторная фаза постаналитического этапа: оценка диагностической надежности используемых тестов; оценка результатов исследования тренером и сопоставление полученных данных с особенностями тренировочного процесса; оценка результатов исследования спортивным врачом и их сопоставление с состоянием здоровья спортсмена и медико-биологическим сопровождением.

Внутрилабораторная фаза постаналитического этапа: оценка аналитической достоверности результатов теста (контроль качества); оценка вероятности получения данного результата у обследуемого спортсмена; сравнение полученных данных с результатами других обследований конкретного обследуемого; сравнение полученных данных с результатами ранее проведенных обследований конкретного спортсмена.

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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ ЛАБОРАТОРИЕЙ БИОХИМИИ

В лаборатории биохимии проводится комплексное биохимическое и гематологическое обследование спортсменов как в покое, так и после выполнения стандартной тестовой нагрузки в лабораторных условиях или специальных заданий в условиях тренировки на отдельных этапах годового макроцикла по заявке тренера или врача команды в циклических и ациклических видах спорта. Выбор данных методов обусловлен их распространением в практике спортивной подготовки, относительной доступностью для действующих тренеров, информативной значимостью для оценки состояния спортсменов и выбора эффективных средств коррекции лимитирующих факторов. Полученные на учебно-тренировочных сборах биохимические показатели спортсменов позволяют уже на ранней стадии подготовки диагностировать признаки переутомления и вносить коррективы в тренировочный процесс подготовки спортсмена, а также принимать спортсмену разрешенные реабилитационные средства.

2.1. Биохимические исследования с использованием фотометра РМ 2111 (Солар, Республика Беларусь)

В качестве исследуемого материала используется капиллярная кровь, так как в ней отражаются все метаболические изменения, происходящие в органах и тканях организма спортсменов под влиянием мышечной деятельности.

По данным биохимического контроля оценивается переносимость тренировочных нагрузок, активность процессов анаболизма-катаболизма, сбалансированность скорости процессов поступления и расходования белков, оценка восстановленности мышц, сократительной способности мышц, определение алактатных возможностей, состояние метаболической функции печени, процессов метаболизма в сердечной мышце, определение микроэлементного состава крови. В качестве наиболее важных и объективных биохимических показателей в сыворотке крови исследуется содержание мочевины, глюкозы, триглицеридов, активность ферментов креатинфосфокиназы (КФК), аспартат- и аланинаминотрансфераз (АСТ и АЛТ), содержание ионов магния и железа.

Мочевина позволяет оценить адекватность общего объема и интенсивности тренировочных нагрузок функциональным возможностям

спортсмена; достаточность для роста адаптационного резерва; возможность спортсмена к выполнению повышенного объема нагрузок; способность к восстановлению во время отдыха. Энергообеспечение двигательной деятельности спортсменов на тренировках и соревнованиях осуществляется в основном за счет окисления углеводов и жиров. Однако существует предположение, что при работе длительностью более 50–60 мин с интенсивностью свыше 70 % от МПК углеводных запасов становится недостаточно для покрытия энерготрат, в результате чего начинаются процессы, связанные с образованием углеводов из белков, главным образом из белков мышц (глюконеогенез). Компенсаторный синтез углеводов из белков сопровождается отщеплением ядовитого для организма продукта – аммиака, который трансформируется с образованием нетоксичного соединения – мочевины, по увеличению концентрации которой можно судить о степени катаболизма белков. Следовательно, два процесса – образование мочевины и синтез углеводов за счет белков функционально сопряжены. Другими словами, чем напряженнее мышечная деятельность и чем вследствие этого больше потребность восполнения депо углеводов, тем выше интенсивность синтеза мочевины и тем больше процент ее содержания в крови. Это обстоятельство позволяет использовать показатель концентрации мочевины в крови как информативный тест для определения переносимости физических нагрузок, отражающий суммарное воздействие объема и интенсивности отдельного тренировочного занятия или комплексного воздействия ряда тренировок, а также степень восстановления после них. В норме показатель мочевины составляет 3,5–7 ммоль/л. Показатели, превышающие 7 ммоль/л, свидетельствуют об отсутствии равновесия в обменных процессах. Величина более 8 ммоль/л считается критической и указывает на неадекватность используемых нагрузок функциональному состоянию организма спортсменов.

Глюкоза отражает степень сбалансированности углеводных энергоресурсов. Концентрация глюкозы в крови при мышечной деятельности изменяется в зависимости от уровня тренированности организма, мощности и продолжительности физических упражнений. По изменению содержания глюкозы в крови судят о скорости аэробного окисления ее в тканях организма при мышечной деятельности и интенсивности мобилизации гликогена печени. Содержание глюкозы в цельной крови составляет 3,3–5,5 ммоль/л. Обычно в начале работы (и при кратковременной интенсивной работе) уровень ее

в крови повышается с последующим снижением по мере продолжения физической деятельности. При очень длительных нагрузках (стайерские дистанции в легкой атлетике, марафонский бег) содержание глюкозы может падать до гипогликемического (до 3 ммоль/л). При оценке уровня глюкозы в крови при физической деятельности предпочтение отдается умеренной гипергликемии (повышенное ее содержание) как свидетельству высокой мобилизации углеводных ресурсов организма и достаточного снабжения мышц важнейшим энергосубстратом. Повышенное содержание глюкозы в крови свидетельствует об интенсивном распаде гликогена печени либо относительно малом использовании глюкозы тканями, а пониженное ее содержание – об исчерпании запасов гликогена печени либо интенсивном использовании глюкозы тканями организма. Этот показатель обмена углеводов редко используется самостоятельно в спортивной диагностике, так как уровень глюкозы в крови зависит не только от воздействия физических нагрузок на организм, но и от эмоционального состояния человека, гуморальных механизмов регуляции, питания и других факторов.

Триглицериды отражают степень сбалансированности липидных (жировых) энергоресурсов. Содержание триглицеридов в цельной крови составляет 0,4–1,8 ммоль/л. Уровень содержания триглицеридов около 1,0 ммоль/л свидетельствует о высокой активации процессов жирового обмена в ходе тренировочной деятельности спортсменов. Плохая переносимость тренировочных нагрузок (отсутствие сбалансированности физической нагрузки и скорости липолиза) при уровне триглицеридов ниже 0,4 ммоль/л. Наименьшее содержание триглицеридов обусловлено, с одной стороны, участием жировых источников в энергообеспечении мышечной деятельности, а с другой – в восполнении затраченных углеводов.

Активность фермента креатинфосфокиназа (КФК) отражает степень напряжения мускулатуры во время тренировочных нагрузок, уровень тренированности, скорости восстановления мышечной системы. КФК – фермент, катализирующий реакцию образования креатинфосфата из креатина и АТФ и расщепление его. Активность фермента КФК в сыворотке крови является информативным маркером функционального состояния мышечной ткани и широко используется в мониторинге тренировочного процесса. На активность фермента оказывают влияние такие факторы, как уровень подготовки спортсмена, пол, группы мышц, участвующих в выполнении упражнения, а также объем нагрузок силового характера. В норме активность КФК

в сыворотке крови составляет 40–200 Е/л. Определение активности КФК в сыворотке крови при высокоинтенсивных физических нагрузках имеет большое диагностическое значение для оценки появления мышечных микротравм или растяжений мышц. Активность этого фермента возрастает примерно на 100 % через 8 часов, а пиковые значения могут быть достигнуты в интервале от 24 до 96 часов в зависимости от вида упражнений и индивидуальных особенностей организма спортсменов. Высокие уровни КФК в течение нескольких дней свидетельствуют о недовосстановлении мышечной системы и могут являться основанием для коррекции тренировочных нагрузок.

Активность ферментов аспаратаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ) отражают степень напряжения энергообмена в печени и миокарде. В норме в крови активность этих ферментов очень мала и составляет 5–40 Е/л. В клетках сердечной мышцы количество АСТ значительно превышает количество АЛТ, а в печени – наоборот.

Для характеристики метаболических нарушений при перетренированности исследуется активность ферментов в сыворотке крови: креатинфосфокиназы (КФК), аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ) и рассчитывается ряд индексов, характеризующих уровень эндогенной интоксикации организма в условиях чрезвычайно высокой напряженности тренировочной деятельности.

На основе количественной оценки ферментов КФК и АСТ определяется индекс повреждения мышечной ткани спортсмена – коэффициент КФК/АСТ как отношение между собой абсолютных величин этих показателей. Этот коэффициент используется в дифференциальной диагностике поражения мышечной ткани (в том числе сердечной мышцы). Если коэффициент меньше 10 у.е., то выше вероятность поражения сердечной мышцы, если больше 10 – скелетных мышц. Повышение нормы от 13 до 56 приводит к повреждению клеток скелетной мышцы у спортсмена, снижение нормы от 2 до 9 – к повреждению клеток сердечной мышцы (кардиоциты) у спортсмена.

Одновременное определение активности аминотрансфераз (АЛТ и АСТ) является ценным диагностическим тестом. Соотношение активностей АСТ/АЛТ называют «коэффициент де Ригиса». В норме коэффициент равен 1,33 или находится в диапазоне 0,91–1,75 у.е. При повреждении клеток миокарда это соотношение резко возрастает, при повреждении клеток печени – снижается. При повреждении клеток

миокарда происходит резкий рост этого показателя, при повреждении клеток печени – снижение.

Эти коэффициенты следует вводить с целью коррекции тренировок спортсмена при превышении показателей активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ в 1,5–2 раза.

Магний является основным внутриклеточным элементом – активизирует ферменты, регулирующие углеводный обмен, стимулирует образование белков, регулирует хранение и высвобождение энергии в АТФ, снижает возбуждение в нервных клетках, расслабляет сердечную мышцу. У спортсменов снижение уровня магния в крови является следствием перетренировки и утомления. Недостаток магния предрасполагает к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы, гипертонической болезни, судорог.

Железо – важнейший микроэлемент, принимающий участие в дыхании, кроветворении, иммунобиологических и окислительно-восстановительных реакциях, входит в состав более 100 ферментов и является незаменимой составной частью гемоглобина и миоглобина. В норме показатель уровня железа составляет 9,0–30,4 мкМ/л. Суточная потребность организма человека составляет 10–20 мг/сут. У спортсменов суточная потребность в железе выше на 20 %. К дефициту железа в спорте могут приводить повышенная потребность в нём в период роста организма спортсменов и большие физические нагрузки. Уровень потерь железа у спортсменов зависит от мощности физических нагрузок, в том числе от особенностей метаболизма мышечной деятельности и уровня потоотделения, состояния здоровья и индивидуальных типологических особенностей организма. При железодефицитных состояниях отмечается угнетение аэробного энергообеспечения тканей, что снижает физическую работоспособность, замедляет восстановление организма. При железодефицитных состояниях уже с ранних стадий отмечается угнетение аэробного энергообразования в тканях. В результате этих сдвигов снижается физическая работоспособность главным образом по аэробным характеристикам, ограничиваются возможности оперативного восстановления, снижается тонус скелетной мускулатуры. Низкое энергообеспечение в критических системах сопровождается нарушениям адаптации к экстремальным нагрузкам кардиореспираторной и центральной нервной системы, развитием иммунодефицитных состояний.

Актуально для циклических и ациклических видов спорта.

2.2. Гормональные исследования с использованием гормонального анализатора I-CHROMA™ (Корея) и плащечного иммуноферментного анализатора Stat FAX-2100 (Австрия)

Кортизол – гормон коры надпочечников, стимулирует повышение углеводных ресурсов организма за счет белковых предшественников, усиливает распад белка. По его содержанию определяется снижение резервных возможностей эндокринной системы. Кортизол отражает уровень тренировочного стресса у спортсменов. С повышением уровня кортикостероидов усиливается защитная функция организма. Уровень кортизола у спортсменов зависит от степени тренированности и имеет значительные отличия от нетренированных людей. Падение уровня кортизола у спортсменов связано с утомлением, а умеренное повышение позволяет судить о высокой тренированности. В норме уровень кортизола составляет 200–700 нмоль/л.

Тестостерон отвечает за восстановление белковых структур в мышцах. По его содержанию оценивается отставленное восстановление (более 12–18 часов) организма после мышечной работы. Изнуряющие физические нагрузки понижают уровень тестостерона. Эффект тестостерона для спортсмена состоит в том, что он, взаимодействуя с нервно-мышечной системой, помогает проводить тренировки эффективнее и улучшать результаты спортсменов на соревнованиях. В норме уровень тестостерона составляет у мужчин 5,6–30 нмоль/л, у женщин – 0,1–4,9 нмоль/л.

С целью изучения особенностей метаболических процессов у спортсменов и для уточнения реакции протекания анаболических/катаболических процессов определяется индекс анаболизма. Вычисление индекса анаболизма (ИА) является одним из методов определения перетренированности и представляет собой отношение сывороточной концентрации тестостерона к концентрации кортизола, регулирующего анаболические процессы во время восстановления. Снижение индекса анаболизма рассматривают как признак перетренированности. В норме индекс анаболизма от 5 до 8%. Снижение этого показателя у спортсменов менее 5% (и дальнейшее снижение в динамике) показывает развитие утомления организма спортсмена в целом. Снижение величины ИА ниже 3% свидетельствует о состоянии перетренированности.

Ферритин – самый информативный индикатор запасов железа в организме, основная форма депонированного железа. В физиологических условиях метаболизма железа ферритин играет важную роль

в поддержании железа в растворимой, нетоксичной и биологически полезной форме. Во время физической нагрузки снижение уровня ферритина свидетельствует о мобилизации железа для синтеза гемоглобина, выраженное снижение – о наличии скрытой железодефицитной анемии. Повышенный уровень сывороточного ферритина отражает не только количество железа в организме, но и является проявлением острофазного ответа на воспалительный процесс. Тем не менее, если у пациента действительно имеется дефицит железа, острофазное повышение его уровня не бывает значительным. Нормальные значения ферритина для мужчин – 12–300 нг/мл и для женщин – 12–150 нг/мл.

Актуально для циклических и ациклических видов спорта.

2.3. Гематологические исследования с использованием гематологического анализатора SYSMEX XT- 2000i (Япония)

Одной из основных задач гематологического контроля за подготовкой спортсменов высокой квалификации является определение переносимости тренировочных нагрузок. В целях разработки эффективных критериев управления тренировочным процессом не менее актуально изучение направленности адаптационных изменений на этапах годичного цикла и выявление динамики функции крови при выполнении высокоинтенсивных тренировочных нагрузок и при работе «на выносливость».

Общепринято в качестве основных критериев гематологического контроля рассматривать дыхательные, в частности кислородтранспортные способности, а также реологические и микроциркуляторные свойства крови.

Дыхательные способности крови оценивают по количеству эритроцитов в 1 мкл крови, концентрации гемоглобина в крови, среднему содержанию гемоглобина в одном эритроците. О реологических свойствах крови судят по вязкости крови, определяемой по изменению числа эритроцитов в 1 мкл крови и величине гематокрита - объемной концентрации эритроцитов. Микроциркуляторные возможности крови оценивают по изменению числа лейкоцитов, изменению размера эритроцитов и тромбоцитов.

Под влиянием мышечной деятельности отмечаются значительные изменения состава крови, ее физиологических свойств, обусловленные как направленностью тренировочных нагрузок, так и уровнем общей и специальной подготовленности спортсменов.

В каждом конкретном виде спорта значимость определения гематологических показателей обуславливается различными причинами. В зимних видах спорта (биатлон, лыжные гонки) – для диагностики передозировки объема работы аэробного характера, сопровождающейся нарушением дыхательной функции крови, повышенной реактивностью белой крови. В циклических видах (плавание, легкая атлетика, гребля академическая) по изменению вязкости крови и содержанию гемоглобина в одном эритроците удается получить информацию о направленности адаптационных перестроек в организме спортсменов при работе на выносливость и связанной с развитием скоростных и скоростно-силовых качеств. В единоборствах (греко-римская борьба, дзюдо и др.) на основании изменения вязкости крови можно определить допустимые пределы снижения веса накануне ответственных соревнований.

Исходя из этого показатели крови широко используются в спорте для оценки общего функционального состояния организма, характеристики адаптации к тренировочным нагрузкам, определения тренированности спортсменов, своевременного выявления первых признаков срыва адаптации.

Наиболее широко используются следующие показатели: число эритроцитов, гематокрит, концентрация гемоглобина, среднее содержание и средняя концентрация гемоглобина в одном эритроците, средний объем эритроцитов, лейкоциты, лимфоциты, нейтрофилы и др.

Эритроциты являются основными показателями, отражающими состояние процессов кроветворения в организме человека. Они представляют собой неподвижные высокодифференцированные безъядерные клетки. Основная их функция - дыхательная, которая заключается в переносе кислорода и углекислого газа. Перенос кислорода осуществляется с помощью гемоглобина, который составляет 95% сухого вещества эритроцитов. Эритроциты имеют большое значение в организме и как адсорбенты аминокислот, токсинов и некоторых лекарственных веществ.

Количество эритроцитов в норме колеблется от 4,5 до 5,0 млн у женщин, у мужчин – от 5,0 до 5,5 млн в 1 мкл крови. При мышечной работе в условиях разреженной атмосферы обнаруживается увеличение количества эритроцитов в крови (полицитемия). Понижение числа эритроцитов (эритропения) и образование в крови патологических (ядерных) форм эритроцитов наблюдается при малокровии или анемии.

Количество эритроцитов может увеличиваться или уменьшаться при различных физиологических состояниях. Быстрые изменения зависят от перераспределения эритроцитов в организме. Некоторые органы (селезенка, печень, кожа) играют роль кровяных депо, задерживая форменные элементы крови и отдавая их обратно в кровь. Другая, более медленная, причина изменения количества эритроцитов заключается в изменении скорости образования эритроцитов или скорости их распада.

Значительное увеличение объема эритроцитов сопровождается гемолизом, т.е. разрывом оболочки. Стойкость эритроцитов к действию физических нагрузок служит критерием устойчивости клеточных мембран всего организма, что очень важно для определения адекватности тренировочных и соревновательных нагрузок.

Закономерным является увеличение числа эритроцитов до 5,5 млн в 1 мкл крови под влиянием тренировочных нагрузок преимущественно аэробной направленности и снижение до 4,4 млн в 1 мкл крови под влиянием высокоинтенсивных нагрузок. Повышение числа эритроцитов в пределах допустимой нормы сказывается благоприятно на состоянии физической работоспособности, а увеличение выше 6,0 млн и снижение ниже 4,0 млн в 1 мкл крови - негативно на состоянии физической работоспособности.

Тенденция к увеличению числа эритроцитов в период выполнения объемных нагрузок указывает на адекватность предлагаемых нагрузок функциональному состоянию организма спортсменов. Улучшение при этом физической работоспособности характеризует высокую эффективность тренировочной программы обще-подготовительного периода подготовки. Снижение числа эритроцитов в сочетании с увеличением среднего объема эритроцитов при работе на выносливость служит одним из признаков выполнения завышенного для конкретного спортсмена объема аэробной работы. В целом реакция эритроцитов на разовую нагрузку максимальной мощности проявляется в некотором повышении их численности, а степень ее выраженности зависит от уровня тренированности организма спортсменов.

Гемоглобин - сложный белок эритроцитов, дыхательный пигмент крови. Он составляет основную массу плотных веществ эритроцитов. Кислородная емкость крови определяется именно содержанием гемоглобина в ней. Основной функцией гемоглобина является транспортировка кислорода. В норме содержание гемоглобина в цельной крови составляет у женщин 120–160, а у мужчин – 130–170 г/л.

Выполнение тренировочных нагрузок вызывает как повышение, так и ослабление кислородтранспортной функции крови, связанных с изменением содержания гемоглобина. При этом длительная работа аэробного характера, направленная на развитие выносливости, сопровождается повышением концентрации гемоглобина примерно до 159 г/л, а высокоинтенсивная - снижением его концентрации до 137 г/л. Повышение гемоглобина в крови указывает на улучшение, а падение - на ухудшение кислородтранспортных возможностей крови. Вместе с тем имеют место случаи, когда повышение гемоглобина при работе аэробного характера не коррелирует с улучшением общей выносливости. Это наблюдается при запредельно высоком повышении содержания гемоглобина (более 180 г/л) в крови. На проявлении физической работоспособности также отрицательно сказывается значительное снижение концентрации гемоглобина в крови (ниже 120–110 г/л). Снижение концентрации гемоглобина, связанное с уменьшением количества эритроцитов из-за дефицита белка и микроэлементов в организме, свидетельствует о развитии спортивной анемии, или малокровия. Принято любое снижение концентрации гемоглобина в крови рассматривать как критерий ослабления дыхательной функции крови.

Гематокрит – это показатель общего объема эритроцитов, который дает представление о соотношении между объемом плазмы и форменных элементов крови, главным образом эритроцитов. Гематокрит у мужчин составляет 40–48% и у женщин - 36–42%.

Гематокрит должен быть на уровне, который обеспечивает оптимум как для кислородтранспортной функции крови, так и для вязкости крови. У спортсменов при выполнении высокоинтенсивных тренировочных нагрузок в условиях пребывания в горах число эритроцитов может возрасти до 8 млн в 1 мкл крови, а гематокрит – до 60%. Основным реологическим феноменом крови, т.е. текучести, является ее вязкость, о которой судят по величине гематокрита. Под влиянием мышечной деятельности значительно изменяется вязкость крови, а следовательно, и ее реологическая способность. Длительная работа аэробного характера способствует повышению гематокрита до 40,3 %, а высокоинтенсивная - снижению до 36,9 %.

С увеличением величины гематокрита повышается вязкость крови, что приводит к ухудшению ее реологических свойств. В связи с этим, как уже отмечалось, уменьшается сердечный выброс крови и ухудшается доставка кислорода к работающим мышцам, органам и тканям. Следовательно, гематокрит должен быть на уровне, который

бы обеспечивал оптимум как для кислородтранспортной функции крови, так и для нормальной ее текучести по сосудам. Если гематокрит повышается в период интенсивных тренировок и одновременно наблюдается снижение содержания гемоглобина при нагрузке и в покое, то это явление следует рассматривать как сигнал о необходимости срочной коррекции тренировочных нагрузок.

При развитии спортивной анемии число эритроцитов может снижаться до 4 млн в 1 мкл, а величина гематокритного показателя - до 30% и ниже. В связи с этим гематокрит широко используется для определения степени анемии и получения расчетных показателей, отражающих различные характеристики эритроцитов: средний объем эритроцитов, среднюю концентрацию гемоглобина и среднее содержание гемоглобина в одном эритроците.

Показатели среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в одном эритроците несут большую информацию о насыщении эритроцитов гемоглобином, т.е. о состоянии дыхательной способности крови. Чаще всего среднее содержание и средняя концентрация гемоглобина в одном эритроците уменьшаются только вследствие усиления процессов кроверазрушения и в связи с этим расцениваются как первый признак срыва адаптационных процессов. При пониженном образовании гемоглобина в крови в сочетании со снижением содержания ионов железа существенно ухудшается работоспособность спортсменов. Поскольку у высококвалифицированных спортсменов нередко наблюдается низкое содержание гемоглобина при относительно низких показателях содержания железа, требуется его регулярное введение.

В настоящее время многие специалисты процесс легкой анемизации крови при напряженных тренировках рассматривают как адаптивный, а следовательно, благоприятный для организма спортсменов. Адаптивность анемизации крови проявляется в том, что при повышенной мышечной работе селезенка выделяет гемолизирующий фактор, ускоряющий разрушение эритроцитов. Деструкция эритроцитов дает возможность использовать их белковые структуры, в том числе гемоглобин, для гипертрофии мышц и регенерации молодых эритроцитов (ретикулоцитов), которых у спортсменов больше, чем у мало-тренированных лиц. Несмотря на то, что при анемии снижается максимальная аэробная выносливость спортсменов и значительно удлиняется период их восстановления, эти явления компенсируются путем увеличения сердечных сокращений.

При снижении гемоглобина в крови в условиях напряженных тренировок с преимущественно анаэробной направленностью повышается ЧСС и усиливается лактацидемия, что оказывает также благоприятное влияние на состояние специальной физической работоспособности, особенно в предсоревновательном периоде подготовки. В то же время снижение гемоглобина в покое ниже 120 г/л у мужчин и ниже 110 г/л у женщин считается недопустимым, так как во всех случаях сопровождается снижением физической работоспособности. При этом фиксируется 5–7-процентное снижение показателей анаэробного порога по сравнению с лицами, имеющими нормальную картину красной крови.

Повышение гематокрита при работе на выносливость связано с увеличением или эритроцитарного объема, или уменьшением плазмы.

Считается, что с повышением гематокрита возможности переноса кислорода кровью возрастают. Снижение гематокрита при высокоинтенсивной работе происходит вследствие уменьшения эритроцитов или увеличения жидкой части крови. Так как при этом снижается средняя концентрация гемоглобина в крови, то этот факт расценивают как процесс анемизации крови. Вместе с тем, несмотря на некоторое снижение числа эритроцитов - носителей кислорода, «легкая» анемизация крови в условиях высокоинтенсивных нагрузок оказывается благоприятной для организма. Обусловлено это тем, что со снижением гематокрита уменьшается вязкость крови. Благодаря этому увеличивается сердечный выброс крови и количество кислорода, доставляемого к тканям, не снижается.

Однако стойкая анемизация крови (хроническая анемия) оказывает неблагоприятное влияние на работоспособность спортсменов, так как при анемии значительно удлиняется время восстановления организма после выполнения стандартной нагрузки.

Для оценки состава и физиологических свойств крови можно рекомендовать использование следующих показателей: концентрации гемоглобина, показателя гематокрита и МСН, которые оказывают значительное влияние на энергетический метаболизм.

Таким образом, к оценке дыхательной способности крови следует подходить комплексно. Изменение концентрации гемоглобина в крови необходимо в обязательном порядке сопоставлять с величиной гематокрита и показателем среднего содержания (МСН) и средней концентрации гемоглобина (МСНС) в одном эритроците. Комплексное изучение динамики всех показателей красной крови числа

эритроцитов в 1 мкл крови – концентрации гемоглобина в крови, среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в одном эритроците является неотъемлемой частью гематологического контроля в спорте.

Ретикулоциты - предшественники зрелых эритроцитов, содержащие остатки РНК и образующиеся после потери нормобластами ядер. Используются для оценки активности эритропоэза при состояниях, сопровождающихся гемолизом или кровопотерей, детекции нарушений регенеративной способности костного мозга при дефиците железа, витамина В12, В6, фолатов, меди и мониторинга соответствующей терапии, оценки состояния эритропоэза на фоне лечения эритропоэтином, оценки способности костного мозга к регенерации после цитоксической терапии и трансплантации мозга, оценки восстановления ЭПО после трансплантации почки, допингового контроля у спортсменов (прием ЭПО). Нормальные значения ретикулоцитов в периферической крови принято считать 0,2–1,2 %.

Ретикулоцитоз с резким увеличением фракции незрелых ретикулоцитов на фоне активного эритропоэза отражает повышенную регенеративную способность костного мозга. Ретикулоцитопения – индикатор угнетения эритропоэза.

RET (%) – количество ретикулоцитов (%), измеренное в крови при данном гематокрите. Идеальный гематокрит – 45%.

LFR – популяция малых зрелых (норма – 87–99%).

MFR – популяция средних RET (норма – 2–12 %).

HFR – популяция больших незрелых RET (норма – 1–2%).

MFR+HFR – определяется как фракция незрелых ретикулоцитов – IRF (норма – 2–14%).

При усилении эритропоэза из костного мозга поступают в циркуляцию незрелые ретикулоциты, период созревания которых в крови удлиняется и составляет от 1,5 до 2,5 дней. Увеличение фракции незрелых эритроцитов свидетельствует об ускоренном выбросе незрелых клеток из костного мозга. Фракция незрелых ретикулоцитов повышается значительно раньше (как правило, на 2 дня), чем процент ретикулоцитов, и может служить наиболее чувствительным маркером в мониторинге за состоянием эритропоэтической активности костного мозга и эффективности лечения витамином В12, фолиевой кислотой и препаратами железа.

Если одновременно с низким гематокритом в периферической крови присутствуют незрелые ретикулоциты, то рассчитывается индекс продукции ретикулоцитов (RPI):

$RPI = RET (\%) \times HCT: 0,45 \times \text{дни циркулирующей RET в крови.}$

Величина RPI широко варьирует в зависимости от тяжести анемии, продукции ЭПО и других факторов. Снижение данного индекса менее 2 указывают на низкую пролиферативную активность эритрокариоцитов.

Индивидуальные показатели общего содержания ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости являются наиболее информативными для выявления ранних признаков снижения кислородтранспортной функции крови, своевременного проведения фармакологической и немедикаментозной коррекции тренировки, а также с целью оценки ее эффективности.

Содержание ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости является одним из показателей активности эритропоэза и состояния кислородтранспортной функции крови, взаимосвязано с повышением показателей аэробного и анаэробного порога, т.е. аэробной выносливости спортсменов и наряду с другими гематологическими показателями может использоваться в оценке функционального состояния и адаптации к тренировочным нагрузкам.

При проведении гематологического контроля в спорте из показателей белой крови наиболее часто пользуются определением числа лейкоцитов в 1 мкл крови, процентного содержания лимфоцитов, нейтрофилов от общего количества лейкоцитов.

Лейкоциты, лимфоциты, нейтрофилы

Лейкоциты - белые кровяные тельца. Богатые ферментами, они играют важную роль в защите организма от микробов, а также различных инородных тел, проникающих в кровь или другие ткани. Выполняя защитную функцию, они отражают общее функциональное состояние организма. В норме количество лейкоцитов от 4 до 9 тыс. в 1 мкл крови. Однако число их в зависимости от различных причин (после физического и умственного напряжения, после приема пищи, вследствие сжатия сосудов) может значительно отклоняться от нормы. Поэтому для установления их нормального количества кровь для анализа берут у спортсменов утром, до приема пищи. Повышение количества лейкоцитов против нормы принято называть лейкоцитозом, а понижение - лейкопенией.

Под влиянием тяжелой мышечной работы наблюдается миогенный лейкоцитоз и число лейкоцитов при этом может возрасти в 3–5 раз. Огромное количество лейкоцитов при физической нагрузке скапливается в мышцах. Миогенный лейкоцитоз носит как перераспределительный, так и истинный характер, так как при нем наблюдается усиление костномозгового кроветворения.

Лейкоцитоз может развиваться у здорового человека во время сильных эмоций, после приема пищи, у женщин при беременности. Патологический лейкоцитоз характерен для инфекционных и воспалительных заболеваний и сопровождается повышением реактивности организма. Определение числа лейкоцитов имеет большое диагностическое значение.

Значительное повышение числа лейкоцитов, превышающее клиническую норму (выше 8,0 тыс. в 1 мкл), как правило, фиксируется при наличии источника инфекции и сопровождается ухудшением общего функционального состояния спортсменов. Снижение лейкоцитов ниже 4,0 тыс. в 1 мкл во всех случаях вызывает ухудшение физической работоспособности.

Одной из разновидностей лейкоцитов являются лимфоциты, не содержащие специфичной для лейкоцитов зернистости и характеризующиеся наличием одного ядра.

Лимфоциты - распространенная форма белых кровяных клеток. В норме в крови человека их насчитывается от 20 до 30 %, по некоторым данным от 15 до 45 % от количества всех лейкоцитов. Довольно значительны возрастные колебания. К 16-летнему возрасту процентное содержание лимфоцитов доходит до нормы взрослого. Продолжительность жизни лимфоцитов короткая. Смена лимфоцитов происходит 2–3 раза в сутки. При воспалении, эмигрируя из кровяного русла, они превращаются в свободные макрофаги.

Нейтрофилы – это наиболее многочисленная группа клеток белой крови (лейкоциты), основной задачей которой является уничтожение болезнетворных бактерий в крови и тканях. В норме в крови человека их насчитывается от 41 до 64 %.

Определение отставленных неспецифических адаптационных реакций организма (НАРО) по соотношению содержания лимфоцитов и нейтрофилов.

Определение НАРО является актуальным для оценки напряженности тренировочных нагрузок и их переносимости. Одним из важных аспектов исследования различных типов НАРО в спорте

является изучение частоты их возникновения и взаимосвязи с успешностью соревновательной деятельности, а также особенностями организации тренировочного процесса на различных этапах годичной и многолетней подготовки.

В таблице содержатся оценочные принципы определения типа адаптационной реакции по соотношению в периферической крови процентного содержания лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам, разработанные Л.Х. Гаркави с соавт [31].

Таблица - Соотношение относительного содержания лимфоцитов и нейтрофилов в периферической крови спортсменов при различных типах отставленной реакции их организма на тренировочное воздействие

Номер реакции	Лимфоциты, %	Нейтрофилы, %	Тип НАРО
1	Менее 26	Более 60	Реакция хронического стресса
2	26–32	60–55	Реакция тренировки
3	33–38	54–50	Реакция спокойной активации
4	39–45	49–44	Реакция повышенной активации
5	Более 45	Менее 44	Реакция переактивации

Авторами теории НАРО показано, что наилучший эффект воздействия на организм человека отмечается при развитии в организме реакций спокойной и особенно повышенной активации высоких уровней реактивности.

Реакция тренировки – неспецифическая антистрессорная адаптационная реакция организма на действующие факторы «пороговой» величины, которая характеризуется содержанием в крови лимфоцитов от 26 до 32%, а также продукцией гормонов эндокринными железами (щитовидной, половыми, гипофизом) в пределах нижней границы нормы. Секреция АКТГ и глюкокортикоидов при реакции тренировки находится в пределах верхней границы нормы. Биологический смысл реакции тренировки заключается в сохранении гомеостаза в пределах нижней границы нормы в условиях действия слабых, незначительных раздражителей.

Реакция активации – неспецифическая антистрессорная адаптационная реакция организма на действующие факторы «средней» интенсивности, которая бывает двух видов: *повышенной активации*

и спокойной активации. Содержание лимфоцитов при реакции спокойной активации составляет 33–38 % , при реакции повышенной активации – 39–45 %. Если при реакции спокойной активации секреция АКТГ и глюкокортикоидов находится в пределах нижней границы нормы, то при реакции повышенной активации лежит в пределах ее верхней половины. Это определяет и разное влияние этих реакций на воспаление (более выраженное противовоспалительное действие при реакции повышенной активации) и определенное соотношение активности свертывающей и противосвертывающей систем крови. При реакции спокойной активации они хорошо сбалансированы, а при реакции повышенной активации умеренно преобладает активность противосвертывающей системы. При реакциях спокойной и повышенной активации преобладают процессы анаболизма, особенно при повышенной активации. Пластический и энергетический обмены хорошо сбалансированы. Обе реакции активации (но особенно повышенной активации) вызывают быстрое и существенное повышение активной неспецифической резистентности организма за счет истинного повышения активности его защитных систем. Биологический смысл обеих реакций активации состоит в адекватном повышении активности защитных систем в ответ на раздражитель средней силы, что соответствует оптимальному уровню защитного ответа организма. При этих реакциях происходит самая быстрая и адекватная перестройка защитных сил в ответ на повреждающие воздействия.

При воздействии на организм сильнодействующих факторов развиваются либо *реакция стресса*, характеризующаяся выраженной лимфопенией (менее 26 %), либо *реакция переактивации*, которая характеризуется избыточным (выше верхней границы нормы) повышением процентного содержания лимфоцитов в лейкоформуле. Биологический смысл переактивации состоит в попытке сохранить активацию в ответ на непосильную нагрузку без «сброса» в стресс. Переактивация, действительно, лучше стресса, но опасна «срывом» в него и также является неспецифической основой некоторых болезней.

Актуально для циклических и ациклических видов спорта.

2.4. Биохимические исследования содержания лактата с использованием анализатора Biosen C_Line, Sport (Германия)

Лактат является конечным продуктом анаэробного (без участия кислорода) способа расщепления углеводов и характеризует степень активности анаэробного гликолиза. В спортивной практике

показатели активности кислородного и без участия кислорода способов энергообеспечения мышечной деятельности используются для определения зоны интенсивности тренировочных нагрузок. В покое содержание лактата составляет 1–2,5 ммоль/л. Изменение его уровня тесно коррелирует с интенсивностью гликолиза в работающих мышцах, а следовательно, с мощностью выполненной работы.

Аэробная зона тренировки низкой интенсивности (АП), характеризует емкость аэробных процессов. Уровень лактата – до 2 ммоль/л, ЧСС – до 120 уд/мин. Используется для разминки, заминки, восстановления между интенсивными отрезками, а также для совершенствования системы внешнего дыхания. Основным источником энергообеспечения являются жирные кислоты и резервный гликоген. Длительность работы на уровне аэробного порога составляет 60–120 мин при содержании лактата 2–3 ммоль/л, ЧСС – 120–130 уд/мин.

Тренировка на уровне аэробного порога используется для:

- увеличения способности спортсмена использовать жирные кислоты и резервный гликоген в качестве источника энергии;
- увеличения пропускной способности центральной и периферической систем кровообращения;
- увеличения аэробных ферментов в мышцах;
- обеспечения постепенного развития прочности соединительных тканей, связок, сухожилий.

Аэробная зона тренировки на уровне анаэробного порога (АнП) характеризует эффективность аэробных процессов. Содержание лактата соответствует 3,5–4,5 ммоль/л, ЧСС – 140–150 уд/мин. Энергообеспечение мышц происходит за счет кислородного расщепления углеводных источников энергии. Условная граница анаэробного обмена соответствует 4 ммоль лактата в 1 л крови и обозначается как порог анаэробного обмена (ПАНО), или лактатный порог (ЛП). Этот уровень лактата свидетельствует о том, что работа на уровне ПАНО происходит за счет аэробного обмена веществ, причем основным поставщиком энергии является процесс окисления липидов. Установлено, что при такой работе можно добиться повышения скорости без увеличения уровня лактата. Этот эффект наблюдается в том случае, если длительная тренировка происходит на уровне, равном или немного превышающем ПАНО (лактат в пределах 4–5 ммоль/л). Если же интенсивность нагрузок была значительно выше или ниже, то уровень ПАНО не только не повышается, но может снижаться, так как тренировочный эффект не будет достигнут. Продолжительность

пороговой нагрузки для спортсменов на длинные дистанции составляет 30–45 мин. Работа на уровне анаэробного порога выполняется интервальным или дистанционным методом. Уменьшение показателей анаэробного порога (АнП) указывает на снижение возможностей аэробных процессов, а также снижение способности спортсмена к работе, требующей проявления выносливости.

Зона смешанная аэробно-анаэробная, содержание лактата в пределах 4,5–6,0 ммоль/л, ЧСС – 160–170 уд/мин. Зона нагрузки на уровне PWC 170 и характеризует максимальную мощность аэробных процессов. Тренировка направлена в основном на повышение максимального потребления кислорода.

Зона смешанная анаэробно-аэробная, содержание лактата в пределах 6,5–8,5 ммоль/л, ЧСС – 170–180 уд/мин. Зона нагрузки, соответствующая максимальному потреблению кислорода (МПК), характеризует анаэробные возможности спортсмена. Тренировка направлена на развитие скоростной выносливости.

Зона соревновательно-специфическая, изменение уровня лактата в пределах 9–16 ммоль/л и выше. Тренировка направлена на развитие скоростных качеств, мощности гликолиза и максимальной ЧСС.

Снижение содержания лактата у одного и того же спортсмена при выполнении стандартной работы на разных этапах тренировочного процесса свидетельствует об улучшении тренированности, а повышение – об ухудшении. Значительные концентрации молочной кислоты в крови после выполнения максимальной работы свидетельствуют о более высоком уровне тренированности при хорошем спортивном результате или о большей метаболической емкости гликолиза, большей устойчивости его ферментов к смещению рН в кислую сторону. Таким образом, изменение концентрации молочной кислоты в крови после выполнения определенной физической нагрузки связано с состоянием тренированности спортсмена. По изменению ее содержания в крови определяют анаэробные гликолитические возможности организма, что важно при отборе спортсменов, развитии их двигательных качеств, контроле тренировочных нагрузок и хода процессов восстановления организма.

На 3-й и 8-й минутах восстановления, после завершения тестирования, производится забор крови на лактат. Определяется скорость утилизации лактата: более 40% считается высокой скоростью утилизации, менее 10% – низкой скоростью восстановления.

Тестирование механизмов энергообеспечения и динамики специальной работоспособности под влиянием спортивной тренировки

1. Стандартные (лабораторные) условия тестирования: велоэргометрический тест, тест на беговой дорожке, гребном эргометре и т.д.

2. Тестирование в специальных «полевых» условиях: бег на различные дистанции, плавание различных отрезков и т.д.

3. Контроль тренировочных режимов.

Актуально для циклических видов спорта.

Автоматизированная система «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» разработана в рамках проекта отраслевого назначения 41-06 2006–2008 гг. «Разработать автоматизированную систему биохимического контроля в спорте «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» для оценки функционального состояния и оптимизации тренировочного процесса спортсменов высокой квалификации») [13].

«**БИОХИМ-ЭКСПЕРТ**» предназначена для сбора и анализа оценки функциональной и физической подготовленности спортсменов. Обеспечивает автоматизированный способ графического изображения лактатной кривой и общей или специальной физической работоспособности в различных зонах интенсивности процессов аэробного и анаэробного энергообеспечения.

Графическое изображение зависимости «работа-лактат» в тренерской среде именуют как «лактатный портрет» физической подготовленности спортсмена, так как лактатный график хорошо иллюстрирует картину изменения физической работоспособности за определенный период подготовки.

«Лактатная кривая», построенная по результатам теста со ступенчато повышающейся скоростью, подкреплённая данными по ЧСС, позволяет оценить состояние общей физической и функциональной подготовленности и определить тренировочные режимы их дальнейшего совершенствования индивидуально для каждого спортсмена.

В программе предусмотрен автоматический расчет не только показателей физической работоспособности, но и ЧСС в различных зонах мощности нагрузки, а также величины прироста работоспособности на уровне аэробного (АП) и анаэробного порога АП или ПА-НО, PWC_{170} и МПК в процентном отношении к результатам предыдущего обследования. Это позволяет судить о сильных и слабых сторонах физической подготовки, соответствии уровня аэробной и анаэробной выносливости этапу подготовки, направленности сдвигов под

влиянием проведенной работы, на основании чего вносить предложения по коррекции тренировочного процесса.

Как следует из теории и практики, тренировки аэробной направленности способствуют повышению общей (аэробной) выносливости, улучшению способности спортсменов к восстановлению организма как во время ночного отдыха, так и в случае коротких пауз отдыха между скоростными заданиями.

Тренировка анаэробной направленности повышает активность гликолитических ферментов (главным образом фосфоорилазы, фосфофруктокиназы и лактатдегидрогеназы). Максимальные кратковременные нагрузки, несколько увеличивая активность ферментов АТФ – КФ комплекса (креатинфосфокиназы и миокиназы), в большей степени влияют на увеличение мышечной силы.

Тренировки, проводимые с высокой интенсивностью, улучшают координацию мышечной деятельности на основе избирательного «рекрутирования» мышечных волокон, то есть тренировки анаэробной направленности обеспечивают оптимальное «рекрутирование» волокон, способствуя эффективному выполнению движений и более экономному расходованию энергии.

Нагрузки анаэробной направленности повышают толерантность мышц к кислым продуктам метаболизма, которые накапливаются в них в процессе анаэробного гликолиза. Накопление молочной кислоты считается главным фактором, обуславливающим наступление утомления во время выполнения интенсивных физических нагрузок, поскольку водородный ион (H^+) влияет на процесс обмена веществ и мышечных сокращений. Буферные вещества (бикарбонаты, фосфаты мышц и др.), соединяясь с водородом, понижают кислотность волокон и задерживают развитие утомления.

Как показывают результаты исследований, тренировочные нагрузки анаэробной направленности за 8 недель увеличивают буферную способность на 12–15 %. Следует отметить, что связь аэробной и анаэробной производительности с показателями специальной физической подготовленности у спортсменов высокого класса различной специализации до настоящего времени изучена недостаточно. Это относится также к зависимости перечисленных показателей от этапа подготовки, уровня тренированности и спортивного результата, показанного в соревновании, что затрудняет оценку результатов в системе комплексного контроля спортсменов высокой квалификации.

Актуально для циклических и ациклических видов спорта.

2.5 Научные проекты, выполненные с использованием методов лабораторной диагностики

1. Проект 39-06 «Разработать стратегию отбора и подготовки талантливых спортсменов к участию в Олимпийских играх 2008 и 2012 гг.» (ГР № 20064391).

Сроки выполнения: 2006–2008 гг.

2. Проект 41-06 «Разработать автоматизированную систему биохимического контроля в спорте "БИОХИМ-ЭКСПЕРТ" для оценки функционального состояния и оптимизации тренировочного процесса спортсменов высокой квалификации» (ГР № 20064388).

Сроки выполнения: 2006–2008 гг.

3. Проект 61-08п «Разработать комплексный метод индивидуализации подготовки высококвалифицированных спринтеров на основе особенностей кинетики эндогенного лактата» (ГР № 20082247).

Сроки выполнения: 2006–2008 гг.

4. Проект 65-09 «Разработать методические основы использования динамики содержания ретикулоцитов и их субпопуляций различной степени зрелости в контроле подготовки высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта» (ГР № 20090776).

Сроки выполнения: 2009–2011 гг.

Проект 93-12 «Разработать программу контроля и оптимизации тренировочного процесса на основе оценки неспецифических адаптационных реакций по лейкоцитарной формуле у спортсменов высокой квалификации» (ГР № 20121595).

Сроки выполнения: 2012–2014 гг.

5. Проект 106-15 «Разработать программу научно-методического обеспечения спортивного резерва Республики Беларусь по группам видов спорта» (ГР № 20150303).

6. Сроки выполнения: 2015–2017 гг.

7. Проект 110-16 «Разработать программу комплексного клинико-лабораторного контроля для оценки и коррекции тренировочного процесса спортивного резерва Республики Беларусь в рамках совершенствования научно-методического обеспечения» (ГР № 20164014).

Сроки выполнения: 2016–2017 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы лабораторной диагностики в спорте занимают важное место в общей системе оценки адекватности тренировочных нагрузок, направленности адаптации организма спортсменов к общему объему выполненной работы, интенсивности разовой нагрузки, что служит важной основой поиска путей повышения физической работоспособности и уровня их подготовленности.

Для получения тренирующего эффекта и, соответственно, высокого спортивного результата величина нагрузки должна быть достаточно высокой. С помощью биохимических методов вполне возможно оценить величину нагрузки, так как отчетливые специфические изменения обменных процессов возникают лишь при достаточно интенсивном воздействии тренировочной нагрузки на организм. При малой величине воздействия изменения обмена незначительны либо вообще отсутствуют, что исключает получение тренирующего эффекта.

Выявление слишком значительных изменений, и тем более сдвигов обмена веществ, не характерных для данного вида упражнений, дает основания для заключения о предельности или непереносимости тренировочных нагрузок. Для определения непереносимости тренировочных нагрузок или перетренированности является актуальным использование различных биохимических методов контроля. При перетренировке (непереносимости тренировочных нагрузок) наблюдается стойкое превышение границ нормы или запредельное снижение отдельных биохимических и гематологических показателей.

Для диагностики переносимости тренировочных нагрузок важное значение имеет определение активности ферментов, динамики гематологических показателей. Более информативным и широко используемым для определения переносимости нагрузок является также показатель белкового обмена, например, уровня мочевины, а также определения НАРО по соотношению лимфоцитов и нейтрофилов.

Диагностика переносимости тренировочных нагрузок, определение уровня тренированности и выявление состояний перетренированности – сложная задача, так как изменения могут возникать в разных органах и системах организма. Сходные по величине и направленности нагрузки у разных людей могут вызывать не только сходные, но и весьма отличительные изменения обмена. Заключение о наличии перетренированности выносят с учетом всех данных биохимического анализа. Сведения о состоянии обменных процессов имеют важное,

а иногда и решающее значение для внесения коррекции в ход подготовки спортсменов, управление тренировочным процессом.

Наиболее перспективным в этом плане представляется комплексное проведение биохимического и гематологического контроля функционального состояния организма спортсменов как в покое, так и после выполнения стандартной тренировочной нагрузки на отдельных этапах годичного макроцикла.

Это связано с тем, что под влиянием тренировочных нагрузок происходит значительное изменение углеводного, жирового и белково-азотистого обмена. При этом, независимо от характера воздействия (стимулирующего или угнетающего), в работающих органах и тканях, в частности в крови, происходит повышение или снижение промежуточных и конечных продуктов обменных процессов. Этим и объясняется столь широкое использование в спортивной практике данных показателей в качестве наиболее информативных критериев управления подготовкой спортсменов высокой квалификации.

Особое значение своевременная диагностика нарушений состояния здоровья и их корректировка приобретают в процессе подготовки спортивного резерва, так как именно в детско-юношеском возрасте происходит не только формирование спортивного мастерства, от уровня которого зависят дальнейшие перспективы спортсмена, но и, главное, биосоциальное становление человека.

Таким образом, биохимический контроль занимает одно из важных мест среди других биологических дисциплин. На основе биохимических показателей разрабатываются новые концепции управления спортивной подготовкой, подходы оценки тренировочного процесса и текущего состояния организма спортсменов, а также их восстановления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта / И.И. Ахметов // Монография. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
2. Базулько, А.С. Биохимические основы спортивной мышечной деятельности / А.С. Базулько. – Минск: БГУФК, 2006. – 85 с.
3. Верхошанский, Ю.В. Актуальные проблемы современной теории и методики спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 8. – С. 21–28.
4. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.
5. Макарова, Г.А. Лабораторные показатели в практике спортивного врача. Справочное руководство / Г.А. Макарова. – М., 2006. – 200 с.
6. Макарова, Г.А. Медицинский справочник тренера / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – М.: Советский спорт, 2005. – 587 с.
7. Макарова, Г.А. Клинико-лабораторное обследование спортсменов высшей квалификации: основные направления совершенствования / Г.А. Макарова, Ю.А. Холякко, Г.В. Верлина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – № 7 (115). – С. 4–12.
8. Матвеев, Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л.П. Матвеев. – Киев: Олимпийская литература, 1999. – 317 с.
9. Меньшиков, В.В. Обеспечение качества лабораторных исследований. Преаналитический этап: справочное пособие / В.В. Меньшиков [и др.]; под ред. В.В. Меньшикова. – М., 1999. – 318 с.
10. Михайлов, С.С. Спортивная биохимия / С.С. Михайлов. – М.: Советский спорт, 2004. – 220 с.
11. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 296 с.
12. Никулин, Б.А. Биохимический контроль в спорте / Б.А. Никулин, И.И. Родионова. – М., 2011. – 232 с.
13. Нехвядович, А.И. Автоматизированная система «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» как унифицированный метод биохимической оценки физической и функциональной подготовленности спортсменов высокой квалификации: практ. пособие / А.И. Нехвядович, Е.В. Нехай, Т.С. Асиповская – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск, 2016. – 64 с.
14. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.
15. Платонов, В. Н. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки (часть 1) / В.Н. Платонов // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 2. – С. 8–14.

16. Платонов, В.Н. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки (часть 2) / В.Н. Платонов // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 3. – С. 3–9.
17. Рогозкин, В.А. Методы биохимического контроля в спорте / В.А. Рогозкин. – Л.: 1990. – 178 с.
18. Рогозкин, В.А. Перспективы использования ДНК-технологий в спорте / В.А. Рогозкин, И.И. Ахметов, И.В. Астратенкова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 7. – С. 45–47.
19. Рыбина, И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Вестник новых медицинских технологий – 2016. – № 1. – С. 135–139.
20. Banfi, G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. – 2012. – № 56. – P. 1–54.
21. Banfi, G. Preanalytical phase of sport biochemistry and hematology / G. Banfi, A. Dolci // Sports Med Phys Fitness. – 2003. – № 43 (2). – P. 223.
22. Banfi, G. Reticulocytes in sports medicine / G. Banfi // Sports. Med. – 2008. – № 38 (3). – P. 187–211.
23. Bonini, P. Errors in Laboratory Medicine / P. Bonini, M. Plebani, F. Ceriotti, F. Rubboli // Clin. Chem. – 2002. – № 48 (5). – P. 691–698.
24. Bouchard, C. Genetic and molecular aspects of sport performance: The encyclopedia of sports medicine an IOC medical commission publication / C. Bouchard, P. Hoffman. – 2011. – Vol. 18. – 404 p.
25. Brancaccio, P. Biochemical markers of muscular damage / P. Brancaccio, G. Lippi, N. Maffulli // Clin Chem Lab Med. – 2010. – № 48 (6). – P. 757–767.
26. Brancaccio, P. Creatine kinase monitoring in sport medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, F. M. Limongelli // Br. Med. Bull. – 2007. – № 81–82. – P. 209–230.
27. Brancaccio, P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M. Limongelli // Clin. Sports Med. – 2008. – № 27 (1). – P. 1–18.
28. Friedel E. Krapf. Stability of Clinical Chemistry Analytes in Blood Collection Devices // Clin. Chem. – 2000. – № 46 (5). – P. 737–738.
29. Gleeson, M. Biochemical and immunological markers of overtraining / M. Gleeson // Journal of Sport Science and Medicine. – 2002. – № 1. – P. 31–41.
30. Narayanan, S. Preanalytical issues in haematology / S. Narayanan // J. Lab. Med. – 2003. – № 27. – P. 243–48.
31. Гаркави, Л.Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия: реакции активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации / Л.Х. Гаркави, Е.Б Квакина, Т.С. Кузьменко. – М.: Имедис, 1998. – 656 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ	7
1. ЭТАПЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ В ЛАБОРАТОРИИ БИОХИМИИ.....	8
2. ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ ЛАБОРАТОРИЕЙ БИОХИМИИ.....	10
2.1. Биохимические исследования с использованием фотометра РМ 2111 (Солар, Республика Беларусь)	10
2.2. Гормональные исследования с использованием гормонального анализатора I-CHROMA™ (Корея) и плащечного иммуноферментного анализатора Stat FAX-2100 (Австрия)	15
2.3. Гематологические исследования с использованием гематологического анализатора SYSMEX ХТ- 2000i (Япония)	16
2.4. Биохимические исследования содержания лактата с использованием анализатора Biosen C_Line, Sport (Германия).....	26
2.5 Научные проекты, выполненные с использованием методов лабораторной диагностики.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	34

Производственно-практическое издание

Нехвядович Антонина Ивановна

Рыбина Ирина Леонидовна

Будко Анастасия Николаевна

Мороз Елена Александровна

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ СПОРТСМЕНОВ

Методические рекомендации

Корректор А. М. Зиновик

Компьютерная верстка К .А. Тагиева

Оформление обложки П .С. Максименко

Подписано в печать 18.12.2017. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,79. Тираж 100 экз. Заказ 153.

Полиграфическое исполнение:

Государственное учреждение «Республиканский учебно-методический центр
физического воспитания населения»

Свидетельство №1/42 от 1 октября 2013

Ул. Гусовского, 4-1, 220073, Минск

Издатель: РНПЦ спорта

Свидетельство №1/447 от 14 ноября 2014 г.

Ул. Воронянского, 50/1, 220007, Минск

