

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»**

Кафедра анатомии и физиологии

**Научно-исследовательский комплекс
БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Волгоград 2012

I. Приборы для биохимических анализов.

1. Анализатор биохимический фотометр Hospitex Screen Master Point.

Италия. (Необходимо укомплектовать дополнительным оборудованием).

Исследуемая биологическая жидкость - кровь.

Определяемые параметры:

- щелочная фосфатаза;
- альбумины;
- амилаза;
- общий билирубин;
- калий;
- кальций;
- хлориды;
- холестерин;
- креатинин;
- гемоглобин;
- железо;
- глюкоза;
- липаза;
- триглицериды;
- общий белок;
- мочевина.
- глутатионпероксидаза;
- глутатионредуктаза;
- аспартатаминотрансфераза.

2. Микропланшетный автоматический фотометр Stat Fax 3200 (не укомплектован - отсутствует каретка для кювет).

Исследуемая биологическая жидкость – кровь.

Исследуемые параметры:

- гормоны и специфические белки;
- биогенные амины;
- минерально-солевой обмен.

II. Тест -полоски для экспресс –анализа.

Исследуемая биологическая жидкость – моча.

В основе метода «сухой химии», используемого в тест-полосках лежит изменение их окраски в результате реакции красителей, которыми пропитаны реагентные зоны, со специфическими компонентами, содержащимися в моче. При контакте мочи с реагентной зоной полоски, ее

сухие реагентные компоненты растворяются и взаимодействуют со строго определенными компонентами мочи. Результат регистрируется визуально, сравнением окраски соответствующих реагентных зон со стандартной цветной шкалой (на упаковке) или с помощью автоматических анализаторов полосок.

Тест – полоски ДЕКА PHAN.

Исследуемые параметры:

- удельный вес;
- лейкоциты;
- нитриты;
- рН;
- белок;
- глюкоза;
- кетоны;
- уробилиноген;
- билирубин;
- кровь (эритроциты, гемоглобин).

Тест- полоски КЕТО PHAN.

Исследуемые параметры:

- кетоны.

Тест – полоски ALBU PHAN.

Исследуемые параметры:

- рН;
- белок.

III. Набор реагентов для определения С- реактивного белка.

Исследуемая биологическая жидкость – кровь, слюна.

Исследуемые параметры:

- С – реактивный белок.

Использование биохимических показателей в спортивной практике.

Показатели углеводного обмена.

Глюкоза. Изменение ее содержания в крови при мышечной деятельности индивидуально и зависит от уровня тренированности организма, мощности и продолжительности физических упражнений. Кратковременные физические нагрузки субмаксимальной интенсивности могут вызывать повышение содержания глюкозы в крови за счет усиленной мобилизации гликогена печени. Длительные физические нагрузки приводят к снижению содержания глюкозы в

крови. У нетренированных лиц это снижение более выражено, чем у тренированных. 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.

По изменению содержания **глюкозы в крови** судят о скорости аэробного окисления ее в тканях организма при мышечной деятельности и интенсивности мобилизации гликогена печени. 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.

Появление **глюкозы в моче** при физических нагрузках свидетельствует об интенсивной мобилизации гликогена печени. Постоянное наличие глюкозы в моче является диагностическим тестом заболевания сахарным диабетом.

Молочная кислота. Накопление лактата, естественного для анаэробного гликолиза вещества, в плазме свидетельствует об истощении окислительного метаболического потенциала вследствие возрастания энергетических потребностей. Гликолитический механизм ресинтеза АТФ в скелетных мышцах заканчивается образованием **молочной кислоты**, которая затем поступает в кровь. Выход ее в кровь после прекращения физической нагрузки происходит постепенно, достигая максимума на 3—7-й минуте после окончания ФН. Содержание молочной кислоты в крови существенно возрастает при выполнении интенсивной физической работы. При этом накопление ее в крови совпадает с усиленным образованием в мышцах. 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.

Показатели липидного обмена.

Свободные жирные кислоты. Являясь структурными компонентами липидов, уровень **свободных жирных кислот в крови** отражает скорость липолиза триглицеридов в печени и жировых депо. В норме содержание их в крови составляет 0,1—0,4 ммоль • л⁻¹ и увеличивается при длительных физических нагрузках. По изменению содержания СЖК в крови контролируют степень подключения липидов к процессам энергообеспечения мышечной деятельности, а также экономичность энергетических систем или степень сопряжения между липидным и углеводным обменом. Высокая

степень сопряжения этих механизмов энергообеспечения при выполнении аэробных нагрузок является показателем высокого уровня функциональной подготовки спортсмена.

Кетоновые тела. Образуются они в печени из ацетил-КоА при усиленном окислении жирных кислот в тканях организма. Кетоновые тела из печени поступают в кровь и доставляются к тканям, в которых большая часть используется как энергетический субстрат, а меньшая выводится из организма. **Уровень кетоновых тел в крови** отражает скорость окисления жиров. При накоплении в крови (кетонемия) они могут появиться в моче, тогда как в норме в моче кетоновые тела не выявляются. Появление **их в моче (кетонурия)** у здоровых людей наблюдается при голодании, исключении углеводов из рациона питания, а также при выполнении физических нагрузок большой мощности или длительности.

По увеличению содержания кетоновых тел в крови и появлению их в моче определяют переход энергообразования с углеводных источников на липидные при мышечной активности. Более раннее подключение липидных источников указывает на экономичность аэробных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности, что взаимосвязано с ростом тренированности организма.

Холестерин. Это представитель стероидных липидов, не участвующий в процессах энергообразования в организме. Однако, систематические физические нагрузки могут привести к его снижению в крови. Можно выделить три типа изменения (повышение, снижение и не изменяющееся) содержание общего холестерина после мышечного усилия. Характер изменений холестерина зависит от его исходного уровня: при более высоком содержании общего холестерина отмечается его снижение в ответ на нагрузку, при относительно низком, наоборот, происходит его увеличение. У спортсменов имеет место увеличение содержания холестерина как в покое, так и после физической нагрузки.

Фосфолипиды. Триглицериды. Содержание фосфолипидов отражает выраженность нарушений липидного обмена связанного с дистрофией печени. Повышение их уровня в крови наблюдается при диабете, заболеваниях почек, гипофункции щитовидной железы и других нарушениях обмена, понижение - при жировой дистрофии печени. Поскольку длительные физические нагрузки сопровождаются жировой дистрофией печени, в спортивной практике иногда используют контроль содержания **триглицеридов и фосфолипидов в крови.**

Продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ). При интенсивных физических нагрузках усиливаются процессы перекисного окисления липидов и в крови накапливаются продукты этих процессов, что является одним из факторов, лимитирующих физическую работоспособность. Две составляющие этого механизма: уровень перекисных процессов в скелетной мышце и вовлечение лейкоцитов в процесс повреждения. ФН вызывает усиление перекисных процессов в скелетных мышцах при снижении

активности основного фермента антиоксидантной защиты – супероксиддисмутаза, что приводит к повреждению целостности мембран миоцитов. Результатом повреждения клеточной мембраны является изменение ее проницаемости и выход в кровь как цитоплазматических (миоглобин, аспартатаминотрансфераза), так и структурных (тропомиозин) белков скелетной мышцы. Повреждение ткани при гипоксии и вследствие развития процесса перекисного окисления при восстановлении кровотока (реперфузия) стимулирует привлечение в очаг повреждения лейкоцитов которые в следствии активации выделяют большое количество активных форм кислорода (ОМГ-тест) тем самым разрушая здоровые ткани. Через одни сутки после интенсивной физической нагрузки активность гранулоцитов крови выше контрольного значения примерно в 7 раз и на этом уровне сохраняется в течение последующих 3 суток, затем начинает снижаться, превышая, однако, контрольный уровень и через 7 суток восстановления.

Биохимический контроль реакции организма на физическую нагрузку, оценка специальной подготовленности спортсмена, выявления глубины биодеструктивных процессов при развитии стресс-синдрома должны включать определение содержания продуктов перекисного окисления в **крови: малонового диальдегида, диеновых конъюгатов**, а также активность ферментов **глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы и каталазы, супероксиддисмутаза**. Перекисное повреждение белковых веществ приводит к их деградации и образованию токсических фрагментов, в том числе, молекул средней массы (**МСМ**), которые принято считать маркерами эндогенной интоксикации в том числе у спортсменов после интенсивной ФН.

Показатели белкового обмена

Гемоглобин. Основным белком эритроцитов крови является гемоглобин, который выполняет кислородтранспортную функцию. Он содержит железо, связывающее кислород воздуха. При мышечной деятельности резко повышается потребность организма в кислороде, что удовлетворяется более полным извлечением его из крови, увеличением скорости кровотока, а также постепенным увеличением количества гемоглобина в крови за счет изменения общей массы крови. С ростом уровня тренированности спортсменов в видах спорта на выносливость концентрация гемоглобина в крови возрастает. Увеличение содержания гемоглобина в крови отражает адаптацию организма к физическим нагрузкам в гипоксических условиях. Однако при интенсивных тренировках, происходит разрушение эритроцитов крови и снижение концентрации гемоглобина, что рассматривается как железодефицитная «спортивная анемия». В таком случае следует изменить программу тренировок, а в рационе питания увеличить содержание белковой пищи, железа и витаминов группы В.

По содержанию **гемоглобина в крови** можно судить об аэробных возможностях организма, эффективности аэробных тренировочных занятий, состоянии здоровья спортсмена. **Гематокрит** - это доля (%) от общего объема крови, которую составляют эритроциты. Гематокрит отражает соотношение эритроцитов и плазмы крови и при адаптации к физической нагрузке имеет исключительно важное значение. Определение его позволяет оценить состояние кровообращения в микроциркуляторном русле и определить факторы, затрудняющие доставку кислорода в ткани. Гематокрит при ФН возрастает в результате чего увеличивается способность крови транспортировать кислород к тканям. Однако это имеет и отрицательную сторону - приводит к повышению вязкости крови, что затрудняет кровоток и ускоряет время свертывания крови. Повышение уровня гемоглобина в крови обусловлено уменьшением плазмы крови в результате трансфузии жидкости из кровяного русла в ткани и выходом эритроцитов из депо.

Общий белок. Он определяет физико - химические свойства крови-плотность, вязкость, онкотическое давление. Белки плазмы являются основными транспортными белками. **Альбумины и глобулины.** Это низкомолекулярные основные белки плазмы крови. Они выполняют разнообразные функции в организме: входят в состав иммунной системы, защищают организм от инфекций, участвуют в поддержании рН крови, транспортируют различные органические и неорганические вещества, используются для построения других веществ. Количественное соотношение их **в сыворотке крови** в норме относительно постоянно и отражает состояние здоровья человека. Соотношение этих белков изменяется при утомлении, многих заболеваниях и может использоваться в спортивной медицине как диагностический показатель состояния здоровья.

Альбумины - самая однородная фракция белков плазмы. Основная их функция заключается в поддержании онкотического давления. Кроме того большая поверхность молекул альбумина играет существенную роль в переносе жирных кислот, билирубина, солей желчных кислот. Альбумины частично связывают значительную часть ионов кальция. После выполнения физической нагрузки концентрация **белка в сыворотке крови**, взятой натощак не изменяется.

Мочевина. При усиленном распаде тканевых белков, избыточном поступлении в организм аминокислот в печени в процессе связывания токсического для организма человека аммиака (NH_3) синтезируется нетоксическое азотсодержащее вещество - мочевина. Из печени мочевина поступает в кровь и выводится с мочой. Концентрация мочевины в норме **в крови** каждого взрослого человека индивидуальна. Она может увеличиваться при значительном поступлении белков с пищей, при нарушении выделительной функции почек, а также после выполнения длительной физической работы за счет усиления катаболизма белков. В практике спорта этот показатель широко используется при оценке переносимости

спортсменом тренировочных и соревновательных физических нагрузок, хода тренировочных занятий и процессов восстановления организма. Для получения объективной информации концентрацию мочевины определяют на следующий день после тренировки утром натощак. Если выполненная физическая нагрузка адекватна функциональным возможностям организма и произошло относительно быстрое восстановление метаболизма, то содержание **мочевины в крови** утром натощак возвращается к норме. Связано это с уравниванием скорости синтеза и распада белков в тканях организма, что свидетельствует о его восстановлении. Если содержание мочевины на следующее утро остается выше нормы, то это свидетельствует о не довосстановлении организма либо развитии его утомления.

Обнаружение белка в моче. У здорового человека **белок в моче** отсутствует. Появление его (протеинурия) отмечается при заболевании почек (нефрозы), поражении мочевых путей, а также при избыточном поступлении белков с пищей или после мышечной деятельности анаэробной направленности. Это связано с нарушением проницаемости клеточных мембран почек из-за закисления среды организма и выхода белков плазмы в мочу. По наличию определенной концентрации белка в моче после выполнения физической работы судят о ее мощности. Так, при работе в зоне большой мощности она составляет 0,5 %, при работе в зоне субмаксимальной мощности может достигать 1,5 %.

Креатинин. Это вещество образуется в мышцах в процессе распада креатинфосфата. Суточное выделение его с мочой относительно постоянно для данного человека и зависит от мышечной массы тела. По содержанию креатинина в моче можно косвенно оценить скорость креатинфосфокиназной реакции, а также содержание мышечной массы тела. По количеству креатинина, выделяемого с мочой, определяют содержание тощей мышечной массы тела согласно следующей формуле:

тощая масса тела = $0,0291 \times \text{креатинин мочи (мг} \cdot \text{сут}^{-1}) + 7,38$.

Креатин. Креатин - это вещество, которое синтезируется в печени, поджелудочной железе и почках из аминокислот аргинина, глицина и метионина. Образуется из фосфокреатина ферментом креатинкиназой. Наличие такого энергетического запаса сохраняет уровень АТФ/АДФ в тех клетках, где необходимы высокие концентрации АТФ. Фосфокреатинкиназная система работает в клетке как внутриклеточная система передача энергии от тех мест, где энергия запасается в виде АТФ (митохондрия и реакции гликолиза в цитоплазме) к тем местам, где требуется энергия (миофибриллы в случае мышечного сокращения). Особенно большое количество креатина содержится в мышечной ткани, где он играет важную роль в процессах энергетического обмена. Тяжелый, высокоинтенсивный тренинг приводит к дефициту фосфокреатина. Именно этим объясняется физическое утомление, которое нарастает от упражнения к упражнению и достигает пика к концу тренировки. Обнаружение его **в моче** может

использоваться как тест для выявления перетренировки и патологических изменений в мышцах. Увеличение концентрации креатина в эритроцитах является специфическим признаком гипоксии любого происхождения и свидетельствует об увеличении числа молодых клеток, т.е. о стимуляции эритропоэза (в молодых эритроцитах его содержание в 6-8 раз превышает таковое в старых).

Показатели кислотно-основного состояния (КОС) организма. В процессе интенсивной мышечной деятельности в мышцах образуется большое количество молочной и пировиноградной кислот, которые диффундируют в кровь и могут вызывать метаболический ацидоз организма, что приводит к утомлению мышц и сопровождается болями в мышцах, головокружением, тошнотой. Такие метаболические изменения связаны с истощением буферных резервов организма. Поскольку состояние буферных систем организма имеет важное значение в проявлении высокой физической работоспособности, в спортивной диагностике используются показатели КОС - рН крови, ВЕ избыток оснований, или щелочной резерв, рСО₂ — парциальное давление углекислого газа, ВВ - буферные основания цельной крови. Показатели КОС отражают не только изменения в буферных системах крови, но и состояние дыхательной и выделительной систем организма в том числе после ФН. Существует корреляционная зависимость между динамикой содержания лактата в крови и изменением **рН крови**. По изменению показателей КОС при мышечной деятельности можно контролировать реакцию организма на физическую нагрузку. Наиболее информативным показателем КОС является величина ВЕ — щелочной резерв, который увеличивается с повышением квалификации спортсменов, особенно специализирующихся в скоростно-силовых видах спорта.

Активная реакция мочи (рН) находится в прямой зависимости от кислотно-основного состояния организма. При метаболическом ацидозе кислотность **мочи** увеличивается до рН 5, а при метаболическом алкалозе снижается до рН 7.

Витамины. Выявление витаминов в моче входит в диагностический комплекс характеристики состояния здоровья спортсменов, их физической работоспособности. В практике спорта чаще всего выявляют обеспеченность организма водорастворимыми витаминами, особенно витамином С. В моче витамины появляются при достаточном обеспечении ими организма. Данные многочисленных исследований свидетельствуют о недостаточной обеспеченности многих спортсменов витаминами, поэтому контроль их содержания в организме позволит своевременно скорректировать рацион питания или назначить дополнительную витаминизацию путем приема специальных поливитаминных комплексов.

Минеральные вещества. В мышцах образуется неорганический фосфат в виде фосфорной кислоты (H₃PO₄) при реакциях перифосфорилирования в креатинфосфокиназном механизме синтеза АТФ и других процессах. По изменению его концентрации **в крови** можно судить о

мощности креатинфосфокиназного механизма энергообеспечения у спортсменов, а также об уровне тренированности, так как прирост неорганического фосфата **в крови** спортсменов высокой квалификации при выполнении анаэробной физической работы больше, чем в крови менее квалифицированных спортсменов.

Железо. Основные функции железа

1. транспорт электронов (цитохромы, железосеропротеиды);
2. транспорт и депонирование кислорода (миоглобин, гемоглобин);
3. участие в формировании активных центров окислительно-восстановительных ферментов (оксидазы, гидроксилазы, СОД);
4. активация перекисного окисления, предварительно подготовленного ионами меди;
5. транспорт и депонирование железа (трансферрин, ферритин, гемосидерин, сидерохромы, лактоферрин);
6. участие в синтезе ДНК, делении клеток;
7. участие в синтезе простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов и коллагена;
8. участие в метаболизме гормонов мозгового вещества надпочечников;
9. участие в метаболизме альдегидов, ксантина;
10. участие в катаболизме ароматических аминокислот, пероксидов;
11. лекарственная детоксикация

При дефиците Fe отмечается гипохромная анемия, миоглобиндефицитная кардиопатия и атония скелетных мышц, воспалительные и атрофические изменения слизистой рта, носа, эзофагопатия, хронический гастродуоденит а также иммунодефицитные состояния. Избыток Fe, в первую очередь, может оказывать токсическое влияние на печень, селезенку, головной мозг, усиливать воспалительные процессы в организме человека. Хроническая алкогольная интоксикация может приводить к накоплению Fe в организме.

Калий - важнейший внутриклеточный элемент-электролит и активатор функций ряда ферментов. Калий особенно необходим для "питания" клеток организма, деятельности мышц, в том числе миокарда, поддержания водно-солевого баланса организма, работы нейроэндокринной системы. Это - основной элемент в каждой живой клетке. Внутриклеточный калий находится в постоянном равновесии с малым количеством того, который остается снаружи клетки. Это соотношение обеспечивает прохождение электрических нервных импульсов, контролирует сокращения мышцы, обеспечивает стабильность артериального давления. Калий улучшает снабжение мозга кислородом. Как эмоциональный, так и физический стресс могут также привести к дефициту калия. Калий, натрий и хлор теряются с потом, поэтому у спортсменов может возникать потребность восполнения этих элементов специальными напитками и препаратами. Злоупотребление алкоголем ведет к потере калия

Основные функции калия

1. регулирует внутриклеточный обмен, обмен воды и солей;
2. поддерживает осмотическое давление и кислотно-щелочное состояние организма;
3. нормализует деятельность мышц;
4. участвует в проведении нервных импульсов к мышцам;
5. способствует выведению из организма воды и натрия;
6. активирует ряд ферментов и участвует в важнейших метаболических процессах (энергообразование, синтез гликогена, белков, гликопротеинов);
7. участвует в регуляции процесса выделения инсулина клетками поджелудочной железы;
8. поддерживает чувствительность гладкомышечных клеток к сосудосуживающему действию ангиотензина.

Причины дефицита калия у спортсменов – обильное потоотделение, клинические симптомы – слабость и утомление, физическое истощение, переутомление

Кальций - это макроэлемент, играющий важную роль в функционировании мышечной ткани, миокарда, нервной системы, кожи и, особенно, костной ткани при его дефиците. Кальций имеет крайне важное значение для здоровья человека, он управляет многочисленными процессами жизнедеятельности всех основных систем организма. Са преимущественно находится в костях, обеспечивая опорную функцию и защитную роль скелета для внутренних органов. 1 % Са в ионизированной форме циркулирует в крови и межклеточной жидкости, участвуя в регуляции нервно-мышечной проводимости, сосудистого тонуса, продукции гормонов, проницаемости капилляров, в обеспечении репродуктивной функции, свертываемости крови, препятствуя депонированию в организме токсинов, тяжелых металлов и радиоактивных элементов

Биохимический контроль развития систем энергообеспечения организма при мышечной деятельности.

Спортивный результат в определенной степени лимитируется уровнем развития механизмов энергообеспечения организма. Поэтому в практике спорта проводится контроль мощности, емкости и эффективности анаэробных и аэробных механизмов энергообразования в процессе тренировки.

Для оценки мощности и емкости креатинфосфокиназного механизма энергообразования можно использовать показатели количества креатинфосфата и активности креатинфосфокиназы в крови. В тренированном организме эти показатели значительно выше, что свидетельствует о повышении возможностей креатинфосфокиназного (алактатного) механизма энергообразования. Степень подключения креатинфосфокиназного механизма при выполнении физических нагрузок можно оценить по увеличению **в крови** содержания продуктов обмена КрФ в

мышцах (креатинина, креатинина и неорганического фосфата) и изменению их содержания в моче

Для характеристики гликолитического механизма энергообразования часто используют величину максимального накопления лактата в артериальной **крови** при максимальных физических нагрузках, а также значение **pH крови** и показатели КОС, содержание глюкозы **в крови**, активность ферментов лактатдегидрогеназы, фосфоорилазы. О повышении возможностей гликолитического (лактатного) энергообразования у спортсменов свидетельствует более поздний выход на максимальное количество лактата в **крови** при предельных физических нагрузках, а также более высокий его уровень. Увеличение емкости гликолиза сопровождается увеличением запасов гликогена в скелетных мышцах, особенно в быстрых волокнах, а также повышением активности гликолитических ферментов.

Для оценки мощности аэробного механизма энергообразования чаще всего используются уровень максимального потребления кислорода (МПК или ИЭ₂тах) и показатель кислородтранспортной системы **крови** – **концентрация гемоглобина**. Эффективность аэробного механизма энергообразования зависит от скорости утилизации кислорода митохондриями, что связано прежде всего с активностью и количеством ферментов окислительного фосфорилирования, количеством митохондрий, а также от доли жиров при энергообразовании. Под влиянием интенсивной тренировки аэробной направленности увеличивается эффективность аэробного механизма за счет увеличения скорости окисления жиров и увеличения их роли в энергообеспечении работы. При однократных и систематических ФН с аэробной направленностью метаболических процессов наблюдается усиление липидного метаболизма как жировой ткани, так и скелетных мышц. Повышение интенсивности аэробных ФН приводит к увеличению мобилизации внутримышечных триглицеридов и утилизации жирных кислот в работающих мышцах за счет активизации процессов их транспорта.

Биохимический контроль за уровнем тренированности, утомления и восстановления организма спортсменов.

Контроль за процессами утомления и восстановления, которые являются неотъемлемыми компонентами спортивной деятельности, необходим для оценки переносимости физической нагрузки и выявления перетренированности, достаточности времени отдыха после физических нагрузок, эффективности средств повышения работоспособности. Сроки восстановления после тяжёлых тренировок не являются строго детерминированными и зависят от характера нагрузки и степени истощения систем организма под её воздействием.

Уровень тренированности оценивается по изменению концентрации **лактата** в крови при выполнении стандартной либо предельной физической нагрузки для данного контингента спортсменов. О более высоком уровне тренированности свидетельствуют меньшее

накопление лактата (по сравнению с нетренированными) при выполнении стандартной нагрузки, что связано с увеличением доли аэробных механизмов в энергообеспечении этой работы; меньшее увеличение содержания лактата в крови при возрастании мощности работы, увеличение скорости утилизации лактата в период восстановления после ФН.

С увеличением уровня тренированности спортсменов увеличивается общая масса крови, что приводит к увеличению концентрации гемоглобина до 160—180 г • л⁻¹ - у мужчин и до 130—150 г • л⁻¹ - у женщин, увеличению скорости утилизации лактата в период восстановления после физических нагрузок.

Утомление, вызванное физическими нагрузками максимальной и субмаксимальной мощности, связано с истощением запасов энергетических субстратов (АТФ, КрФ, гликогена) в тканях, обеспечивающих этот вид работы, и накоплением продуктов их обмена в крови (молочной кислоты, креатина, неорганических фосфатов), поэтому и контролируется по этим показателям. При выполнении продолжительной напряженной работы развитие утомления может выявляться по длительному повышению уровня мочевины в крови после окончания работы, по изменению компонентов иммунной системы крови, а также по снижению содержания гормонов в крови и моче.

Для ранней диагностики **перетренированности**, скрытой фазы утомления используется контроль за функциональной активностью иммунной системы. Для этого определяют количество и функциональную активность клеток Т- и В-лимфоцитов: Т-лимфоциты обеспечивают процессы клеточного иммунитета и регулируют функцию В-лимфоцитов; В-лимфоциты отвечают за процессы гуморального иммунитета, их функциональная активность определяется по количеству иммуноглобулинов в сыворотке крови.

При подключении иммунологического контроля за функциональным состоянием спортсмена необходимо знать его исходный иммунологический статус с последующим контролем в различные периоды тренировочного цикла. Такой контроль позволит предотвратить срыв адаптационных механизмов, истощение иммунной системы и развитие инфекционных заболеваний спортсменов высокой квалификации в периоды тренировки и подготовки к ответственным соревнованиям (особенно при резкой смене климатических зон).

Восстановление организма связано с возобновлением количества израсходованных во время работы энергетических субстратов и других веществ. Их восстановление, а также скорость обменных процессов происходят не одновременно. Знание времени восстановления в организме различных энергетических субстратов играет большую роль в правильном построении тренировочного процесса. Восстановление организма оценивается по изменению количества тех метаболитов углеводного, липидного и белкового обменов в крови или моче, которые существенно изменяются под влиянием тренировочных нагрузок. Из всех показателей углеводного обмена чаще всего исследуется скорость утилизации во время отдыха молочной

кислоты, а также липидного обмена - нарастание содержания жирных кислот и кетоновых тел в крови, которые в период отдыха являются главным субстратом аэробного окисления, о чем свидетельствует снижение дыхательного коэффициента. Однако наиболее информативным показателем восстановления организма после мышечной работы является продукт белкового обмена - **мочевина**. При мышечной деятельности усиливается катаболизм тканевых белков, способствующий повышению уровня мочевины в крови, поэтому нормализация ее содержания в крови свидетельствует о восстановлении синтеза белка в мышцах, а следовательно, и восстановлении организма.