

**БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И
ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ:
ГРАМОТНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
КАК ЗАЛОГ МАКСИМАЛЬНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Макарова Г.А.

д.м.н., профессор

**Кубанский государственный университет
физической культуры, спорта и туризма**

Краснодар

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ, РЕКОМЕНДУЕМЫМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ

- Диапазон колебаний исходных значений в состоянии покоя утром натощак в зависимости от пола, возраста
- Степень индивидуальности исходных значений
- Зависимость исходных значений (или ее отсутствие) от вида спорта и состояния тренированности
- Факторы, влияющие на исходные значения в состоянии покоя
- Изменения в процессе повышающихся по мощности нагрузок
- Приросты срочных постнагрузочных значений, отражающие разную интенсивность нагрузок
- Время появления максимальных значений в отставленном постнагрузочном периоде
- Возможные варианты отставленных постнагрузочных изменений, регистрирующихся после 12-16 часов после тренировки
- Скорость восстановления
- Факторы, влияющие на срочную и отставленную динамику и т.п.

ФАКТОРЫ, ЗАТРУДНЯЮЩИЕ ВЫБОР, АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ

1. Появилось большое количество новых видов спорта, требующих наличия одновременно высокого уровня различных физических качеств и энергетических потенций.
2. Практически во всех видах спорта резко изменился тренировочный процесс (и в плане построения годового цикла подготовки, и в плане количества тренировок в день, сочетания нагрузок в одном тренировочном занятии и т.п.).
3. Во всех спортивных специализациях резко возрос удельный вес силовых нагрузок.
4. Увеличилась продолжительность соревновательного сезона (речь идет уже не о двухпиковом, а о многопиковом тренировочном процессе).
5. Во всех видах спорта стали широко использоваться дополнительные факторы адаптации (среднегорье, высокогорье, все варианты интервальной гипоксической тренировки и др.).
6. Плотно вошли в тренировочный процесс самые различные физические методы ускорения построго восстановления, включая экстремальные термальные воздействия.
7. Нередко стало просто «агрессивным» фармакологическое сопровождение.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, УСЛОЖНЯЮЩИЕ ОЦЕНКУ СРОЧНЫХ ПОСТНАГРУЗОЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВА КРОВИ

1. Возможные изменения объема плазмы
2. Разная степень повышения проницаемости мембран миоцитов скелетных мышц
3. Разная скорость выхода в сосудистое русло
4. Разные скорость и пути элиминации
5. Перераспределительные реакции
6. Специфические и неспецифические изменения (белки острой фазы) и т.п.
7. Отсутствие четкой последовательности изменений биохимических параметров в зависимости от характера выполняемой работы, ее интенсивности и длительности
8. Отсутствие сведений о сроках максимальных постнагрузочных изменений регистрируемых параметров в зависимости от характера выполняемой работы, ее интенсивности и длительности
9. Отсутствие сведений о вероятности подчинения постнагрузочных изменений регистрируемых параметров закону исходного уровня
10. Отсутствие сведений о принципах оценки постнагрузочных изменений регистрируемых параметров при колебаниях их значений в диапазоне нормальных величин, которые могут быть очень велики и т.п.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ АЛГОРИТМ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

1. Проанализировать целевые диагностические возможности рекомендуемого комплекса биохимических параметров
2. Выбрать соответствующие биохимические параметры
3. Четко определить задачу (в зависимости от вида контроля), которую мы можем (должны) решить, используя регистрацию того или иного комплекса биохимических параметров
- 4.. Разработать унифицированные для этапного контроля тестовые испытания и тестовые тренировки, а для предсоревновательного контроля – контрольные прикидки, имитирующие соревновательные нагрузки
5. Использовать при оценке полученных данных специальный протокол анализа

КЛАССИФИКАЦИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ В СИСТЕМЕ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ

**Отражающие повышенный окислительный стресс и / или
механическую агрессию**

Изучение изменений концентрации в плазме
*креатинфосфокиназы, малонового диальдегида, миоглобина,
3-метилгистидина и скелетного тропонина*

Отражающие изменения в энергетическом обмене

Изучение изменений концентраций в плазме глюкозы, *лактата,*
КЩС, глутамина и *мочевины,* а также *особенностей состава
жирных кислот, содержащихся в триглицеридах*
*Косвенный показатель соотношения анаболизма и
катаболизма соотношение концентраций свободного
тестостерона и кортизола*

КЛАССИФИКАЦИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ В СИСТЕМЕ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ (продолжение)

**Отражающие реакции на различные уровни асептического
воспаления ткани, вызванного тяжелыми тренировками**

Изучение изменений концентрации в плазме фибриногена, гаптоглобина, С-реактивного белка, кислого α 1- гликопротеина и α 1-антитрипсина, по причине их антипротеолитических функций

Отражающие неспецифические изменения стресс-гормонов

Изучение изменений концентрации в плазме серотонина, *пролактина*
АКТГ, кортизола, а также катехоламинов

**Отражающие неспецифические ответные реакции иммунной
системы**

Изучение изменений концентраций в плазме иммуноглобулинов А и G

Работа-источник:

**Biochemical Aspects of Overtraining in Endurance Sports/ Petibois Cyril,
Cazorla Georges, Poortmans Jacques-Rémi, Déléris Gérard//Sports Med. –
2002.– Vol. 32. – № 13, С. 867–878.**

ПОЛОЖЕНИЯ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА СПОРТСМЕНАМИ

1. Несмотря на принадлежность к одной группе, ***содержательная часть параметра может несколько отличаться***
2. Из группы следует, как правило, выбирать два-три параметра, что бывает необходимо для того, чтобы определить ***либо механизм, лежащий в основе изменения, либо степень выраженности реакции***

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ОТРАЖАЮЩИЕ ПОВЫШЕННЫЙ ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС И/ИЛИ МЕХАНИЧЕСКУЮ АГРЕССИЮ

Выделение 3-метилгистидина происходит в результате **расщепления сократительных белков**, и его концентрация после изнуряющих тренировок на выносливость может оставаться повышенной в течение 72 часов.

Активность креатинфосфокиназы зависит от биохимического равновесия (взаимодействия) между метаболическими (миоглобин) и сократительными (скелетный тропонин I) белками цитозоля. Однако, поскольку проницаемость мембран после тренировки, как правило, остается повышенной в течение 48 – 96 часов, **уровень креатинфосфокиназы в крови обязательно будет связан с кинетическими перестройками мембраны.**

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ОТРАЖАЮЩИЕ ПОВЫШЕННЫЙ ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС И/ИЛИ МЕХАНИЧЕСКУЮ АГРЕССИЮ (продолжение)

Содержание миоглобина в крови
(кислородосвязывающий белок скелетных мышц, является свободным белком цитозоля, ответственным за транспорт кислорода в митохондриях). Этот белок легко проникает в кровоток, когда проницаемость клеточной мембраны повышается. *Изучение кинетики концентрации миоглобина в крови после интенсивных тренировок на выносливость оказывается весьма полезным в оценке уровня химического стресса в клетках скелетных мышц и получении информации о волокнах, которые наиболее ему подвержены.*

Скелетные тропонины 1 – специфичные поздние маркеры некроза скелетных мышц.

ЗАДАЧИ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Определение недовосстановления:

- по изменениям показателей, отражающих энергетический обмен
- По изменениям показателей, отражающих окислительный стресс и / или механическую агрессию
- по изменениям стресс –гормонов (в соответствующих видах спорта)

Время регистрации – после дня отдыха, чтобы уменьшить вероятность отставленных постнагрузочных изменений и скорректировать следующий недельный микроцикл

ЗАДАЧИ ЭТАПНОГО КОНТРОЛЯ

Основная задача этапного контроля в видах спорта на выносливость :

- оценка динамики энергетических потенциалов организма путем использования специальных тестирующих процедур лабораторного или полевого планов

Основная задача этапного контроля в сложно-координационных видах спорта :

- оценка динамики уровня технической подготовленности – с определением « физиологической цены» выполненных упражнений (в зависимости от сложности упражнений и их продолжительности – это либо неспецифические изменения стресс-гормонов, либо дополнительно регистрация показателей, отражающих повышенный окислительный стресс и / или механическую агрессию

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ

1. После дня отдыха
2. В день отдыха исключаются активное физическое восстановление, использование неспецифических видов спорта, развлекательные мероприятия и т.п.
3. Исходные данные регистрируются утром натощак
4. Контрольное тестирование начинается через 2 часа после легкого завтрака
5. Повторные измерения в абсолютно идентичных условиях (при отсутствии заминки и т.п.)
6. Срочный постнагрузочный контроль в течение 2 часов
7. При использовании тестовой тренировки вторая тренировка в этот день исключается, как и средства восстановления
8. Отставленный постнагрузочный контроль на следующее утро натощак

ЗАДАЧИ ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО СКРИНИНГА

Определение адекватности реакции на
предельные нагрузки стресс-систем
организма

ПРОТОКОЛ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ

1. Собрать большой массив результатов биохимического контроля (обязательно несколько параметров одного профиля) спортсменов высокой и высшей квалификации, специализирующихся в конкретном виде спорта
2. Провести скрининг полученных выборок с позиции статистических выбросов, обусловленных различными факторами
3. Исключить из выборок значения спортсменов, дающих частые статистические выбросы
4. Разработать на основании полученных результатов центильные градации анализируемых параметров, в том числе расчетных индексов
5. Установить внутрисистемные и межсистемные внутригрупповые и индивидуальные взаимосвязи (ни одна из внутригрупповых взаимосвязей не может быть признана надежной, если она не проявляется у большинства спортсменов при анализе индивидуальных взаимосвязей)
6. Исходя из рейтинга спортсменов в избранном соревновательном сезоне, провести ROC-анализ полученных данных с расчетом их чувствительности и специфичности
7. На основании полученных результатов оптимизировать перечни регистрируемых параметров, в том числе в индивидуальном плане

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ЦЕНТИЛЬНЫЕ ГРАДАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ИЗБРАННЫХ ВИДОВ СПОРТА

Показатели	Кол-во измерений	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
T, нмоль/л	58	15,76	18,55	21,61	25,89	30,36	34,97	36,88
ДГЭА-С, мкг/мл	58	1,32	1,88	2,60	3,46	4,28	5,22	5,64
ССГ, нмоль/л	58	17,40	18,46	22,84	33,12	41,25	53,60	72,13
ИСТ	58	38,08	47,69	62,16	82,85	106,06	132,67	142,35
К, нмоль/л	58	295,10	323,70	399,10	539,80	656,00	834,60	842,60

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ, НЕФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ И СИНДРОМ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ

В консенсусном заявлении «Профилактика, диагностика и лечение синдрома перетренированности» Европейской коллегии спортивной науки (2006) во избежание неправильной трактовки предпатологических и патологических состояний, которые могут возникнуть при нерациональном использовании физических нагрузок и наличии сопутствующих факторов риска, рекомендуется выделять три состояния:

- функциональное перенапряжение (переутомление)
- нефункциональное перенапряжение
- синдром перетренированности

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ, НЕФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ И СИНДРОМ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ (продолжение)

Основной критерий диагностики этих состояний – снижение специальной работоспособности.

Основное различие между этими состояниями – продолжительность восстановления.

При функциональном перенапряжении восстановление занимает дни, реже – недели.

При нефункциональном перенапряжении на восстановление требуется несколько недель, реже – месяцы.

При синдроме перетренированности спортсменам для полного восстановления необходимо от полугода до нескольких лет.

КЛАССИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРИЗНАКОВ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ В ВИДАХ СПОРТА НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

Сниженная работоспособность

Состояние утомления

Плохое настроение (раздражительность, гнев, депрессия, апатия,
негативное отношение к тренировкам, психологическое истощение)

Частые инфекции верхних дыхательных путей

Повторные травмы

Болезненные ощущения в мышцах и распространенная боль в суставах

ОСНОВНЫЕ СИМПТОМЫ ПРИ АДДИСОНОПОДОБНОМ ВАРИАНТЕ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

- Ощущение легкого переутомления без изменения характера и качества ночного сна
- Анорексия без заметной потери веса
- Необычайно низкая частота пульса в покое
- Утренняя гипотензия
- После тяжелого тренинга диастолическое давление возрастает примерно на 15%, превышая 100 мм
Отсутствие явных психологических признаков избыточного стресса

Источник:

<http://sportivnoepitanie.ru/biblioteka.aspx?a=overtraining-in-power-sports>

ОСНОВНЫЕ СИМПТОМЫ ПРИ БАЗЕДОВОПОДОБНОМ ВАРИАНТЕ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СИЛОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

- Быстрая утомляемость
- Увеличение потребности в сне
- Снижение аппетита
- Внезапное незапланированное уменьшение веса тела
- Учащение пульса в покое
- Головные боли, более частые, чем обычно
- Утренняя гипертензия
- Увеличение времени реакции
- Заметное ухудшение способности выполнять сложные движения

К числу очень специфичных для силовых видов спорта признаков рекомендуется относить утрату «чувства веса» штанги и других снарядов; твердые, неэластичные мышцы; исчезновение ощущения «прокачанности» (наполнения мышц) во время или после тренировки.

БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ У СПОРТСМЕНОВ, ТРЕНИРУЮЩИХСЯ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

- Гипотеза о механическом или химическом повреждении миоцитов
- Гипотеза о нарушениях углеводного обмена
- Гипотеза о роли аминокислот с разветвленной цепью
- Глутаминовая гипотеза
- Гипотеза о роли полиненасыщенных жирных кислот в возникновении состояния перетренированности
- Гипотеза о роли лептина
- Гипотеза о нарушении метаболизма белков
- Достоверность клинического анализа в диагностике перетренированности

Работа-источник:

**Biochemical Aspects of Overtraining in Endurance Sports/ Petibois Cyril, Cazorla Georges, Poortmans Jacques-Rémi, Déléris Gérard//Sports Med. – 2002.– Vol. 32.
– № 13, С. 867–878.**

ПРИЧИНЫ ПОСТОЯННОЙ «УСТАЛОСТИ» СПОРТСМЕНОВ (BRUKNER P., KHAN K., 2008)

Распространенные	Менее распространенные	Подлежащие обязательной проверке
<ul style="list-style-type: none"> – Синдром перетренировки – Вирусное заболевание – Инфекции верхних дыхательных путей – Инфекционный мононуклеоз (мультигландулярный аденоз, болезнь Филатова) – Нарушение углеводного баланса – Истощение запасов железа – Нарушение белкового обмена – Недостаточный сон – Синдром хронической усталости 	<ul style="list-style-type: none"> – Обезвоживание – Астма/ вызванная нагрузкой астма – Дефицит магния, цинка, витамина В – Аллергические нарушения – Нарушение суточного ритма организма – Анемия – Психологический стресс – Беспокойство – Депрессия – Лекарственные средства – Бета-адреноблокаторы – Анксиолитики – Антигистамины – Спондилоартропатии – Гипотиреоз 	<ul style="list-style-type: none"> – Злокачественные заболевания – Проблемы с сердцем – Бактериальный эндокардит – Сердечная недостаточность – Диабет – Почечная недостаточность – Нервно-мышечные расстройства – Мальабсорбция – Инфекционные заболевания – Гепатит А, В, С – ВИЧ – Малярия – Нарушения питания – Потеря аппетита – Булимия – Беременность – Постконтузионный синдром

СПЕЦИАЛЬНОЕ НАГРУЗОЧНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ НЕФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ (R. Meeusen с коллегами, 2010)

Рекомендуемый протокол обследования выглядит следующим образом.

Испытуемые должны выполнить два теста с постепенным увеличением физической нагрузки до достижения изнеможения с 4-часовым перерывом между ними. За один час перед каждым тестом спортсмены потребляют стандартизированное количество пищи (2315 кДж, 73% углеводов, 19% белка, 8% жира).

Участники исследования прибывают в лабораторию в 07:00, после ночного голодания. Первая проба крови берется у них сразу после прибытия. Вторая проба крови отбирается немедленно после выполнения первого теста. Третья и четвертая пробы крови отбираются перед вторым тестом и сразу же после его завершения.

**СПЕЦИАЛЬНОЕ НАГРУЗОЧНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ
ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
ДИАГНОСТИКЕ НЕФУНКЦИОНАЛЬНОГО
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И СИНДРОМА
ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ
(продолжение [1])**

В образцах венозной крови определяют содержание адренокортикотропного гормона (АКТГ) и пролактина (ПРЛ)

Для определения относительных концентраций указанных гормонов оба предэкспериментальных показателя принимаются за 100%, и расчет обоих постэкспериментальных показателей выполняется путем деления на предэкспериментальные показатели и умножения на 100%.

СПЕЦИАЛЬНОЕ НАГРУЗОЧНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ НЕФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ (продолжение [2])

Согласно полученным авторами данным, единственными критериями, позволяющими точно отличить нефункциональное перенапряжение от синдрома перетренированности, являются показатели увеличения относительных концентраций АКТГ и ПРЛ после проведения второго теста с постепенным увеличением физической нагрузки до максимального уровня. У спортсменов с синдромом перетренированности наблюдается очень незначительное увеличение или полное отсутствие изменения данных показателей, в то время как у спортсменов с нефункциональным перенапряжением регистрируется значительное увеличение этих параметров.

Благодарю за внимание!