

# ЛЕКЦИЯ №4

## АНАЭРОБНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СПОРТСМЕНА.

## ТЕСТИРОВАНИЕ АНАЭРОБНОЙ МОЩНОСТИ И ЕМКОСТИ

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ АНАЛИЗА АНАЭРОБНОЙ РАБОЧЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

- При оценке рабочей производительности различных систем образования энергии важно понимать различие между емкостью и мощностью системы.
- Энергетическая емкость - общее количество энергии, которая используется для выполнения работы и образуется в данной энергетической системе.
- Энергетическая мощность системы - максимальное количество энергии АТФ, которое генерируется при нагрузке за единицу времени данной энергетической системой.



.

# МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ

- Креатинфосфокиназный (алактатный) - мгновенный механизм пополнения АТФ (система АТФ—КрФ); регенерация АТФ из системы АТФ—КрФ через пути креатинкиназы и аденилаткиназы не приводят к образованию лактата и называется алактатным.
- Гликолитический, лактатный (система преобразования гликогена в лактат) представляет фосфорилирование аденозиндифосфата (АДФ) посредством путей гликогенолиза и гликолиза, приводит к производству лактата и называется лактатным.
- Образование энергии АТФ в этих процессах осуществляется без использования кислорода и поэтому определяется как анаэробная энергопродукция.

- Высокоинтенсивная анаэробная работа может вызвать 1000-кратное повышение интенсивности гликолиза по сравнению с состоянием покоя.
- Пополнение АТФ во время максимальной продолжительной нагрузки никогда не достигается исключительно только одной системой производства энергии, а скорее является результатом координированной метаболической реакции, в которую все энергетические системы делают различный по выраженности вклад в выход мощности.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

- Более реально измерение максимальной рабочей производительности в течение периодов продолжительностью от нескольких секунд почти до 90 с.
- При такой продолжительности работы ресинтез АТФ зависит, главным образом, от алактатного и лактатного анаэробных путей.
- Простые подсчеты расхода анаэробной энергии можно получить по результатам тестов, если возможно, их дополняют биохимическими или физиологическими измерениями, такими как: лактат мышц и крови, рН, кислородный долг.

- 1. Предполагается, что мышечные резервы АТФ обеспечивают работу только для нескольких сокращений и они лучше оцениваются мышечной силой и максимальной мгновенной мощностью в ходе измерения.
- 2. Предполагается, что максимальные нагрузки продолжительностью несколько минут или дольше являются, главным образом, аэробными и требуют получения информации об аэробном метаболизме.
- Если необходимо собрать данные об анаэробных компонентах специальной работоспособности спортсменов, выступающих в видах спорта, продолжительность максимального усилия в которых составляет около 2 мин или чуть больше необходимо учитывать взаимодействие (интеграцию) основных компонентов анаэробной рабочей производительности, связанных с длительностью работы.

# КРАТКОВРЕМЕННАЯ АНАЭРОБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

- Этот компонент определяется как общий выход работы за время нагрузки максимальной мощности продолжительностью до 10 с. Его можно рассматривать в качестве меры алактатной анаэробной производительности, которая обеспечивается, главным образом, мышечной концентрацией АТФ, системой АТФ — КрФ и незначительно анаэробным гликолизом. Наивысшая рабочая производительность в секунду в процессе этого теста эквивалентной максимальной мощности.

## АНАЭРОБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Этот компонент определяется как общий выход работы за время максимальной нагрузки продолжительностью до 30 с. В таких условиях рабочая производительность является, анаэробной при основном лактатном (около 70 %), существенном алактатном (около 15 %) и аэробном (около 15 %) компонентах. Мощность работы в течение последних 5 с теста можно считать косвенной оценкой лактатной анаэробной мощности.

30-секундный максимальный тест не используют для оценки анаэробной емкости.



# ПРОДОЛЖИТЕЛЬНАЯ АНАЭРОБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

- Определяется как общий выход работы за время максимальной нагрузки продолжительностью до 90 с. Характеризует предел продолжительности работы, которая может быть использована для оценки анаэробной емкости системы энергообеспечения спортсменов.
- Достоинства этих тестов заключаются в том, что позволяют оценить общую рабочую производительность анаэробных систем при максимальных требованиях к ним и количественно определить снижение рабочей производительности от одной части теста к другой (например, первые 30 с в противовес последним 30 с), чтобы косвенно оценить вклады и относительные слабые стороны каждой энергетической системы по мере продолжения работы до 90 с.

## ВОЗРАСТ, ПОЛ И МЫШЕЧНАЯ МАССА

- Анаэробная работоспособность повышается с возрастом в процессе роста у мальчиков и девочек. Максимальные значения этого вида работоспособности достигаются в возрасте от 20 до 29 лет, а затем начинается ее постепенное понижение. Понижение с возрастом одинаково у мужчин и женщин.
- Это понижение оказывается почти линейным с возрастом и составляет 6 % на десятилетие.
- Мужчины лучше женщин выполняют 10-, 30- и 90-секундные максимальные тесты, причем выход работы на килограмм массы тела у женщин составляет примерно 65 % выхода работы на килограмм массы тела у мужчин. Аналогичные различия наблюдаются при сравнении женщин и мужчин, которые лучше других выполняют каждый тест.

- Максимальная анаэробная работоспособность связана с:
    - размерами тела
    - особенно с обезжиренной массой
    - массой мышц.
  - Некоторые различия по возрастному и половому признакам в максимальной анаэробной работоспособности больше связаны с изменениями в мышечной массе, чем с другими факторами.
-

# СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА АНАЭРОБНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

## • 1. Структура мышц и состав волокон

- Структура мышцы играет существенную роль для уровня мощности и объема работы, которые она может генерировать. Степень полимеризации актиновых и миозиновых нитей, их расположение, длина саркомеров, длина мышечных волокон, площадь поперечного сечения мышцы и общая мышечная масса являются структурными элементами, которые, делают вклад в работоспособность мышцы в анаэробных условиях, особенно для абсолютной рабочей производительности.
- Соотношение между составом мышечных волокон и анаэробной работоспособностью не является простым. Спортсмены, специализирующиеся в видах спорта анаэробного характера или видах спорта, требующих высокой анаэробной мощности и емкости, демонстрируют более высокую пропорцию быстросокращающихся волокон (БС). Чем больше БС-волокон или чем большую площадь они занимают, тем выше способность к развитию максимальной мощности и ее кратковременному поддержанию.

## 2. НАЛИЧИЕ СУБСТРАТА

- Выход энергии для максимальной нагрузки очень короткой продолжительности объясняется, главным образом, расщеплением эндогенных, богатых энергией фосфагенов, но оказывается (по крайней мере, у людей), что генерирование максимальной нагрузки даже на очень короткие периоды времени обеспечивается одновременным распадом КФ и гликогена.
- Истощение запасов КрФ ограничивает анаэробную работоспособность при нагрузке максимальной мощности и очень кратковременной.
- Но основная роль КрФ в мышце это роль буфера между концентрациями АТФ и АДФ.

### 3. НАКОПЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ

- Анаэробный гликолиз разворачивается с очень кратковременной задержкой после начала мышечного сокращения, сопровождается накоплением лактата и, соответственно, увеличением концентрации ионов водорода ( $H^+$ ) в жидких средах организма. Концентрация лактата мышц существенно повышается после кратковременной нагрузки и может достичь значений около  $30 \text{ ммоль} \cdot \text{кг}^{-1}$  влажной массы при изнеможении. Буферные системы мышцы создают частичный буфер для ионов водорода. Например, концентрация бикарбоната мышцы понижается от  $100 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$  жидких сред мышцы в состоянии покоя до почти  $3 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$  после максимальной нагрузки.

- Однако мышца не может долго буферировать производимые ионы водорода, и рН мышцы понижается от 7,0 до нагрузки до 6,3 после максимальной нагрузки, вызывающей изнеможение. Понижение рН саркоплазмы нарушает взаимодействие  $\text{Ca}^{2+}$  с тропонином, которое необходимо для развития сокращения и объясняется конкуренцией ионов водорода ( $\text{H}^+$ ) за кальцийсвязующие участки. Таким образом снижается частота образования перекрестных мостиков актомиозина при понижении рН и также скорость синтеза и расщепления энергии понижена (по принципу обратной связи и из-за нарушения активности катализаторов и ферментов)
- Способность противостоять ацидозу повышает анаэробную работоспособность.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ

- Определяется скоростью разворачивания энергетического процесса. Скорость креатинкиназной реакции определяется активностью креатинкиназы. Активность которой повышается при снижении АТФ в мышце и накоплении АДФ.
- Интенсивность гликолиза может стимулироваться либо задерживаться разными сигналами (гормоны, ионы и метаболиты). Регуляция гликолиза в значительной степени определяется каталитическими и регуляторными свойствами двух ферментов: фосфофруктокиназы (ФФК) и фосфорилазы. Как упоминалось выше, высокоинтенсивная нагрузка ведет к чрезмерному повышению  $H^+$  и быстрому понижению рН мышцы. Концентрация аммиака, являющегося производным дезаминирования аденозин 5'-моно-фосфата (АМФ), в скелетной мышце повышается во время максимальной нагрузки. Это повышение еще резче выражено у испытуемых с высоким процентом БС-волокон. Однако аммиак признан в качестве активатора ФФК и может создавать буфер для некоторых изменений внутриклеточного рН. Исследования ин витро показали, что фосфорилаза и ФФК почти полностью тормозятся, когда уровень рН приближается к 6,3. При таких условиях интенсивность ресинтеза АТФ должна быть сильно понижена, тем самым ухудшая способность продолжать выполнение механической работы за счет анаэробного пути энергообеспечения.



- Зависит от качества и количества мышечных волокон: БС-волокна богаты АТФ, КК и гликолитическими ферментами по сравнению с медленно-сокращающимися волокнами.
  - Из этого резюме очевидно, что тренировка максимизирует анаэробную работоспособность, поскольку большинство ограничивающих факторов адаптируется в своем взаимодействии в ответ на тренировку с нагрузками высокой интенсивности.
-

ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫШЦ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ВЫСОКОГО УРОВНЯ АНАЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ, И РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ, КОТОРЫЕ ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮТ

Характеристика мышц	Факторы анаэробной работоспособности	Влияние тренировки
Величина	Да	↑
АТФ	Вероятно, нет	= или ↑
КФ	Вероятно, да	= или ↑
Гликоген	Вероятно, нет	↑
Буферная способность	Да	↑
Максимальный лактат	Да	↑
pH при изнеможении	Да	= или ↓
Пропорция БС-волокон	Да	=
Рекрутирование БС-волокон	Да	= или ↑
Активность КК	Вероятно, да	↑
Активность фосфоорилазы	Вероятно, да	↑
Активность ФФК	Да	↑

## СИСТЕМА ДОСТАВКИ КИСЛОРОДА

- При прочих равных факторах, системы доставки и утилизации кислорода, возможно, делают весьма значительный вклад в максимальную рабочую производительность при нагрузке продолжительностью 90с и дольше. Очевидно, чем длительнее нагрузка, тем выше значимость окислительной системы. В условиях менее продолжительных максимальных нагрузок система доставки кислорода не будет функционировать на максимальном уровне, и окислительные процессы в завершающей части работы сделают лишь небольшой вклад в удовлетворение энергетических потребностей.

- Во время работы с нагрузкой максимальной интенсивности продолжительностью от 60 до 90 с кислородный дефицит, связанный с началом работы, будет преодолен и окисление субстратов в митохондриях в конце работы приведет к увеличению доли аэробных процессов в энергетическом обеспечении работы. В этом случае индивидуумы, способные быстро мобилизовать системы доставки и утилизации кислорода и обладающие соответственно высокой аэробной мощностью, будут иметь преимущество в условиях промежуточной длительности и продолжительной анаэробной работы.

## НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

В настоящее время установлено, что генотип индивидуума в значительной степени определяет наличие предпосылок к высокой аэробной мощности и способности к работе на выносливость, а также высокий или низкий уровень реакции на тренировку. Намного меньше нам известно о наследственности к анаэробной работоспособности.

Кратковременная анаэробная рабочая производительность (на основе оценки производительности 10-секундной максимальной работы на велоэргометре), характеризовалась значительным генетическим влиянием примерно на 70 % в том случае, когда данные были выражены на килограмм обезжиренной массы. Недавно было проанализировано несколько исследований на материале спринтерского бега с участием близнецов и членов их семей, проводившихся в Японии и Восточной Европе. Оценки наследственности для результата в спринте колебались в пределах от 0,5 до 0,8. Эти данные предполагают, что генотип индивидуума оказывает существенное воздействие на кратковременную анаэробную рабочую производительность. Пока нет надежных сведений о роли наследственности в продолжительной анаэробной рабочей производительности. С другой стороны, недавно мы получили данные о генетическом влиянии на распределение типов волокон и ферментативную активность скелетной мышцы. Определено незначительное генетическое влияние на максимальную активность КК (около 15 % колебаний), умеренное генетическое влияние на активность ФФК (от 30 до 50 %) и еще более значительное генетическое влияние на активность лактатдегидрогеназы (около 70 %).

# ТРЕНИРОВКА

- Тренировка повышает показатели мощности и емкости при анаэробной работе кратковременной, промежуточной и продолжительной.
- Широко изучались колебания в реакции тренировки (тренируемости) на конкретный режим анаэробной тренировки.
- Реакция на тренировку кратковременной анаэробной рабочей производительности незначительно зависела от генотипа индивидуумов, тогда как реакция на тренировку продолжительной анаэробной рабочей производительности в значительной степени определялась наследственными факторами. Тренируемость по общей рабочей производительности 90-секундной работы характеризовалась генетическим влиянием, составляющим примерно 70 % колебаний в реакции на тренировку. Эти данные имеют большое значение для тренеров. По результатам тестов легче найти талантливых людей для кратковременной анаэробной работы, чем для продолжительной анаэробной работы. С другой стороны, ввиду значения генотипа в реакции на тренировку продолжительной анаэробной работоспособности результаты тестов можно объяснять только с учетом предыдущего содержания тренировки (или ее отсутствия).

# АНАЭРОБНАЯ МОЩНОСТЬ И ЕМКОСТЬ У МАЛОПОДВИЖНЫХ МУЖЧИН И СИЛЬНЕЙШИХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ

Тесты	Малоподвижные мужчины		Сильнейшие спортсмены
10с(п = 38)			
Общий выход работы, Дж·кг <sup>-1</sup>	100	(15) <sup>2</sup>	157
1-секундная пиковая мощность, Вт·кг <sup>-1</sup>	11,2	(1,6)	17,0
30с (п = 35)			
Общий выход работы, Дж·кг <sup>-1</sup>	223	(32)	312
5-секундная пиковая мощность, Вт·кг <sup>-1</sup>	9,3	(1,4)	11,9
90с (п = 34)			
Общий выход работы, Дж·кг <sup>-1</sup>	387	(70)	598
5-секундная пиковая мощность, Вт·кг <sup>-1</sup>	6,1	(1,0)	7,5

- *Спасибо за внимание*