

- Сократительная функция всех типов мышц обусловлена превращением в мышечных волокнах химической энергии определённых биохимических процессов в механическую работу. Гидролиз аденозинтрифосфата (АТФ) как раз и обеспечивает мышцу этой энергией.
- Поскольку снабжение мускулатуры АТФ невелико, необходимо активировать метаболические пути к ресинтезу АТФ, чтобы уровень синтеза соответствовал затратам на сокращение мышц. Образование энергии для обеспечения мышечной работы может осуществляться анаэробным (без использования кислорода) и аэробным путем. АТФ синтезируется из аденозиндифосфата (АДФ) посредством энергии креатинфосфата, анаэробного гликолиза или окислительного метаболизма. Запасы АТФ в мышцах сравнительно ничтожны и их может хватить лишь на 2-3 секунды интенсивной работы.

Содержание АТФ в мышцах незначительно (около 5 ммоль /кг сырой массы ткани – 0,25-0,4%) и всегда поддерживается на постоянном уровне, так как повышение концентрации АТФ угнетает действие миозина, а падение ниже 2 ммоль/кг нарушает работу Са-насоса ретикулума и тормозит процесс расслабления.

Запасы АТФ могут обеспечивать выполнение интенсивной работы только в течение очень короткого времени – 0,5-1,5 с или 3-4-ти одиночных сокращений максимальной силы. Дальнейшая мышечная работа обеспечивается благодаря быстрому ресинтезу АТФ из продуктов ее распада.

Энергетическими источниками для ресинтеза АТФ являются креатинфосфат и АДФ.

В скелетных мышцах человека выявлено 3 вида анаэробных и один аэробный путь ресинтеза АТФ.

Анаэробные механизмы

- 1) креатинфосфокиназный (алактатный) механизм, обеспечивающий ресинтез АТФ за счет перефосфорилирования между креатинфосфатом и АДФ;
- 2) гликолитический (лактатный) механизм, обеспечивающий ресинтез АТФ в процессе анаэробного расщепления гликогена мышц или глюкозы крови с образованием молочной кислоты;
- 3) миокиназный механизм, осуществляющий ресинтез АТФ за счет реакции перефосфорилирования между двумя АДФ с участием миокиназы (аденилаткиназы).

- **Анаэробные** механизмы являются основными в энергообеспечении кратковременных упражнений высокой интенсивности, а **аэробные** – при длительной работе умеренной интенсивности.

Аэробный механизм.

Этот механизм в обычных условиях обеспечивает около 90% общего количества АТФ.

Энергетическими субстратами аэробного окисления служат глюкоза, жирные кислоты, частично аминокислоты, молочная кислота и кетоновые тела.

Причем для этой цели используются не только внутримышечные запасы данных веществ, но и углеводы, жиры, кетоновые тела и аминокислоты, доставляемые кровью в мышцы во время физической работы. В связи с этим данный путь ресинтеза АТФ функционирует с максимальной мощностью в течение продолжительного времени.

Скорость образования АТФ зависит от:

- 1) количества кислорода и эффективности его использования;
- 2) активности окислительных ферментов;
- 3) целостности мембран митохондрий;
- 4) количества митохондрий;
- 5) концентрации гормонов, ионов кальция и других регуляторов.

Углеводы являются более эффективным топливом, так как на их окисление требуется на 12% меньше кислорода. Поскольку запасы углеводов в организме ограничены, ограничена и их возможность использования в видах спорта, требующих проявления общей выносливости. После истощения запасов углеводов к энергообразованию подключаются жиры. Так в марафонском беге за счет использования мышечного гликогена работа мышц продолжается 80 мин.

Часть АТФ получается за счет мобилизации гликогена печени. Остальное — за счет жирных кислот.

Аэробный механизм имеет почти в 3 раза меньшую мощность, но поддерживает ее в течение длительного времени, а также почти неисчерпаемую емкость благодаря большим запасам углеводов, жиров, белков. Так, за счет запасов жиров организм может непрерывно работать в течение 7-10 дней.

- Однако аэробный способ образования АТФ имеет и ряд недостатков.
- Действие этого способа связано с обязательным потреблением кислорода, доставка которого в мышцы обеспечивается дыхательной и сердечнососудистой системами. Функциональное состояние кардиореспираторной системы является лимитирующим фактором, ограничивающим продолжительность работы аэробного пути ресинтеза АТф с максимальной мощностью и величину самой максимальной мощности.

Анаэробные пути ресинтеза АТФ

Анаэробные пути ресинтеза АТФ являются дополнительными способами образования АТФ в тех случаях, когда основной путь получения АТФ - аэробный - не может обеспечить мышечную деятельность необходимым количеством энергии.

Это бывает на первых минутах любой работы, когда тканевое дыхание еще полностью не развернулось, а также при выполнении физических нагрузок высокой мощности.

Алактатный анаэробный (креатинфосфокиназный)

-использование имеющейся в мышцах АТФ и быстрый ее ресинтез за счет креатинфосфата, концентрация которого в мышцах в 3-4 раза выше по сравнению с АТФ. Креатинфосфат локализован на сократительных миофибриллах.

Запасы креатинфосфата (КрФ) в мышце побольше запасов АТФ и они анаэробно могут быть быстро превращены в АТФ. КрФ - самая «быстрая» энергии в мышцах (она обеспечивает энергию в первые 5-10 секунд очень мощной, взрывной работы силового характера, например, при подъеме штанги). После исчерпания запасов КрФ организм переходит к расщеплению мышечного гликогена, обеспечивающего более продолжительную (до 2-3 минут), но менее интенсивную (в три раза) работу.

- креатинфосфат (КФ) + аденозиндифосфат (АДФ) -
креатин + АТФ анаэробный, без образования лактата
энергетический путь

В скелетных мышцах креатинфосфокиназа обладает высокой активностью, что приводит к усилению этой реакции в самом начале мышечной работы, когда начинает расщепляться АТФ и накапливаться АДФ.

Максимальная мощность креатинфосфокиназной реакции развивается уже на 0,5-0,7 с интенсивной работы, что свидетельствует о большой скорости развертывания, и поддерживается в течение 10-15 с у нетренированных, а у высокотренированных спринтеров – 25-30 сек

Креатинфосфокиназный механизм первым включается в процесс ресинтеза АТФ в начале интенсивной мышечной работы и протекает до тех пор, пока не исчерпаются запасы креатинфосфата. Максимальная мощность креатинфосфокиназной реакции в 1,5-2 раза выше мощности анаэробного гликолиза и в 3-4 раза аэробного процесса.

- метаболическая емкость невелика.

- эффективность очень высокая.

Запасы креатинфосфата зависят от запасов креатина. Введение креатина в виде добавок приводит к увеличению запасов креатинфосфата, а также к повышению работоспособности.

Гликолитический механизм ресинтеза АТФ

В процессе гликолиза используются внутримышечные запасы гликогена и глюкоза крови. Они постепенно расщепляются до лактата. Активации гликолиза способствует также снижение концентрации креатинфосфата в мышцах и накопление аденозинмонофосфата (АМФ), образующейся в миокиназной реакции.

Максимальная мощность гликолиза у хорошо тренированных людей 3,1 кДж/кг, у нетренированных – 2,5 кДж/кг. Это ниже мощности креатинфосфокиназы, но в 2-3 раза выше аэробного процесса. На максимальную мощность механизм выходит на 20-30 сек после начала работы. К концу 1-ой минуты работы гликолиз становится основным процессом ресинтеза АТФ. При дальнейшей работе снижается под влиянием образования лактата и снижения рН. Обеспечивает поддержание анаэробной работы продолжительностью от 30 сек до 2-6 мин.

- Гликолиз играет важную роль при напряженной мышечной работе в условиях недостаточного снабжения тканей кислородом. Это основной путь образования энергии в упражнениях субмаксимальной мощности, предельная продолжительность которых составляет от 30 сек до 2,5 мин – бег на средние дистанции, плавание на 100-200 м, велосипедные гонки на треке и др. За счет гликолиза совершаются длительные ускорения по ходу упражнения и на финише дистанции. Гликолитический механизм энергообразования является биохимической основой специальной скоростной выносливости организма.

- Увеличение лактата в мышцах сопровождается осмотического давления. Вода поступает в мышцы и они набухают, возникают болевые ощущения.
- Увеличение кислотности крови активирует дыхательный центр, в результате чего увеличивается легочная вентиляция и поставка кислорода к работающим мышцам. Все это происходит при увеличении интенсивности выполняемого упражнения более максимальной аэробной мощности.

Источники	Пути Образования	Время активации до максимального уровня	Срок действия	Продолжительность максимального выделения энергии
Алактатные анаэробные	АТФ, креатинфосфат	0	До 30 с	До 10 с
Лактатные анаэробные	Гликолиз с образованием лактата	15 – 20 с	От 15 – 20 с до 6 – 6 мин	От 30 с до 1 мин 30 с
Аэробные	Окисление углеводов и жиров кислородом воздуха	90 – 180 с	До нескольких часов	2 – 5 мин и более

- Физическая работоспособность или способность выполнять определенный вид мышечной работы связана с наличием у человека определенных внутренних качеств или способностей, реализация которых позволяет успешно осуществлять заданные действия.

Факторы, лимитирующие физическую работоспособность человека

- 1. Биоэнергетические (аэробные или анаэробные) возможности человека.
- 2. Нейромышечные (мышечная сила и техника выполнения упражнения).
- 3. Психологическая мотивация (мотивация и тактика ведения спортивного состязания)