

# Тема: Энергообеспечение мышечной деятельности

## План:

1. Анаэробные пути **ресинтеза** АТФ
  - Креатинфосфатный
  - Гликолитический
  - Миокиназный
2. Аэробный путь
3. Показатели энергетических систем

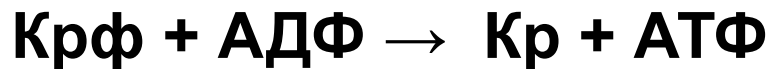
# Метаболизм при нагрузках

- Запасы АТФ - на 2 сек работы
- **Ресинтез АТФ** - восстановление АТФ во время работы.

У спортсменов с высокоинтенсивными нагрузками в основном осуществляется *анаэробный метаболизм*

# Креатинфосфатный путь (алактатный, креатинкиназный)

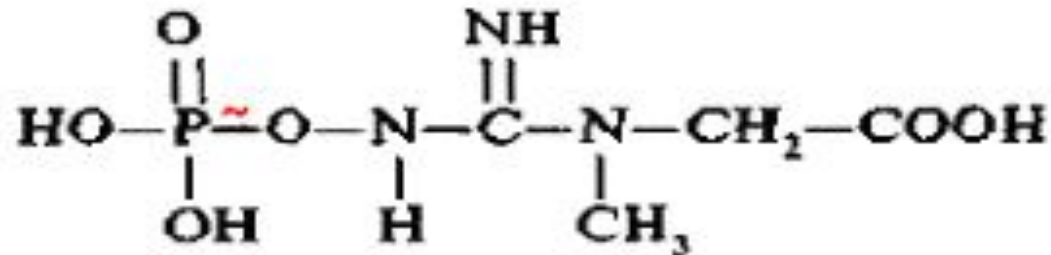
- самый высокоскоростной путь ресинтеза АТФ
- Фермент - креатинкиназа,
- Активируется АДФ и ионами  $\text{Ca}^{2+}$
- Время работы – 10 -15 сек



***Креатинкиназная реакция играет основную роль в энергообеспечении кратковременных упражнений максимальной мощности — бег на короткие дистанции, прыжки, метание, подъем штанги и везде где требуется внезапное изменение темпа (взрывная сила).***

# Синтез креатинфосфата

- **1 этап** - в почках из аминокислот аргинина и глицина
- **2 этап** – в печени метилирование с помощью метионина
- **3 этап** – в мышцах фосфорилирование

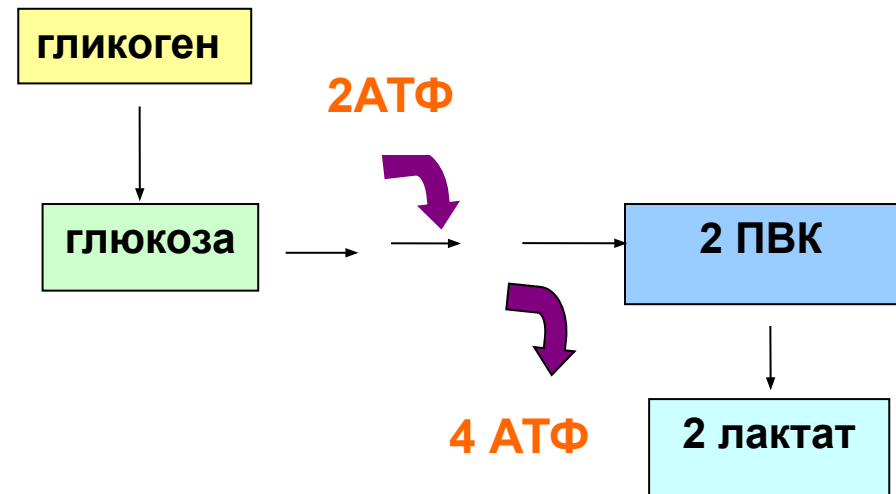


Креатинфосфат (КФ)

# ГЛИКОЛИТИЧЕСКИЙ ПУТЬ (лактаcidный)

- Активируется АДФ и фосфорной кислоты
- Температура мышц повышается до 41—42°C, что важно при разминке
- Конечным продуктом является **молочная кислота или лактат**
- *Время работы – 30-150 сек.*

**Играет важную роль в энергообеспечении бега на средние дистанции, плавание на 100 и 200 м, велосипедные гонки на треке и др. За счет гликолиза совершаются ускорения по ходу упражнения и на финише дистанции.**



- Схема гликолиза

# Роль молочной кислоты

Под влиянием лактата:

- активируются ферменты дыхательной цепи в митохондриях,
- увеличивается проницаемость митохондрий для субстратов аэробного окисления,
- угнетаются ключевые ферменты гликолиза, что ведет к снижению скорости ресинтеза АТФ в анаэробных условиях.
- Увеличивает приток воды в мышцы и вызывает болевые ощущения

В плазме крови лактат взаимодействует с бикарбонатной буферной системой:



- газ усиливает легочную вентиляцию и облегчает передачу кислорода от гемоглобина к тканям.
- создает условия для усиления аэробного пути ресинтеза АТФ.

# Миокиназный путь

- Протекает при выраженном мышечном утомлении при значительном увеличении АДФ в саркоплазме, когда возможности других путей почти исчерпаны:



**Биологическая роль:** «аварийный» механизм, Увеличение концентрации АМФ| в саркоплазме оказывает активирующее действие на ряд ферментов гликолиза и аэробного окисления.

# **Аэробный путь ресинтеза АТФ**

Основные этапы:

- **окисление субстратов до Ацетил-КоА,**
- **цикл Кребса,**
- **тканевое дыхание и окислительное фосфорилирование.**
- **Основные субстраты:**
  - *Глюкоза*, образующаяся при распаде гликогена в печени,
  - *ВЖК и глицерин*, поступающие из жировой ткани,
  - *Аминокислоты*, образующиеся при распаде белков,
  - *Молочная кислота*, образующаяся в мышцах
  - *Кетоновые тела*, усиленно образующиеся в печени при физических нагрузках



# Значение аэробного пути

- **Конечные продукты:  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  – нетоксичные вещества, которые легко выводятся из организма.**
- **Основную роль аэробное окисление играет при выполнении длительной работы средней интенсивности, которая длится более 10 мин. Например: бег на длинные дистанции, игра в баскетбол, лыжные гонки на 25 км, марафон и другие.**

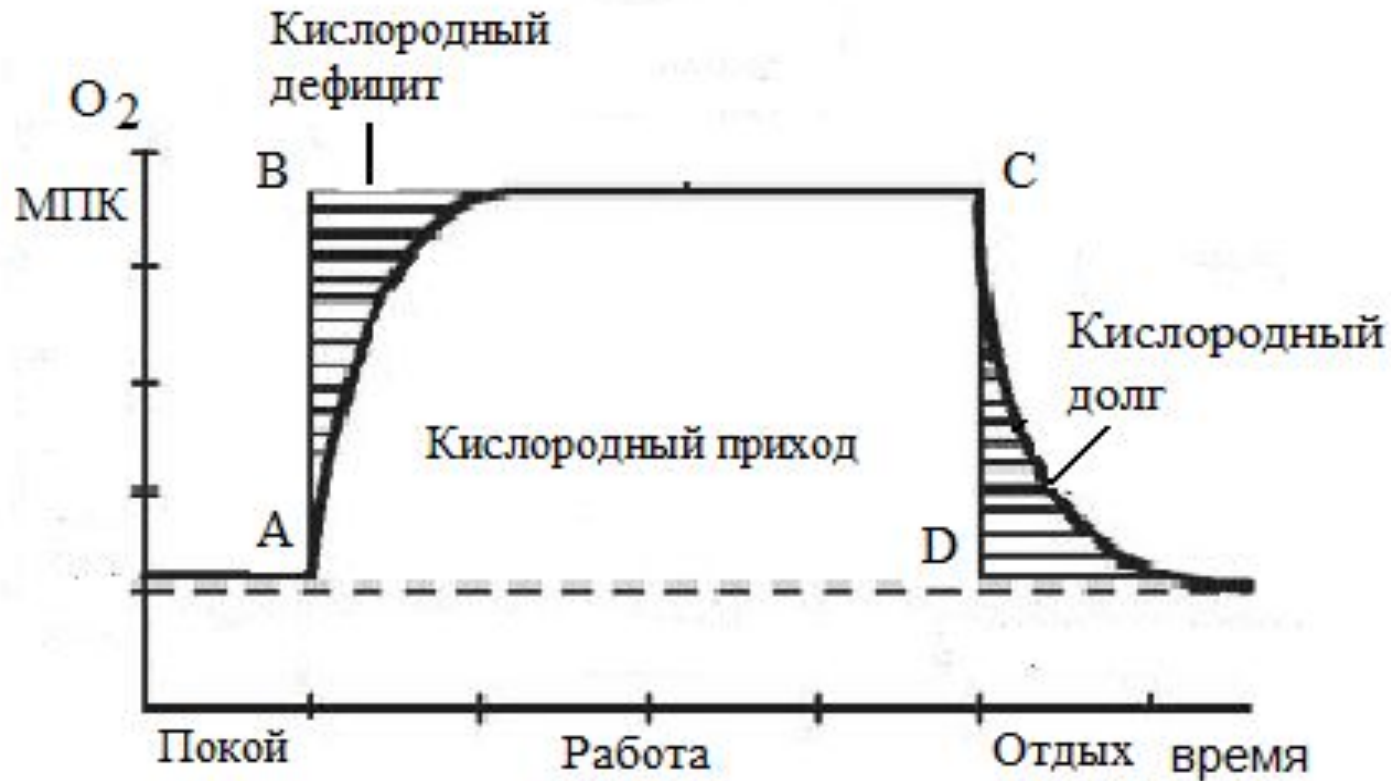
# Роль адреналина

- - усиление притока крови к работающим мышцам,
- - увеличение частоты сердечных сокращений,
- - активация тканевого дыхания,
- - увеличение проницаемости мембран клеток и митохондрий для жирных кислот,
- - усиление *гликогенолиза*,
- - усиление *липолиза*

## ***Потребление кислорода при физических нагрузках***

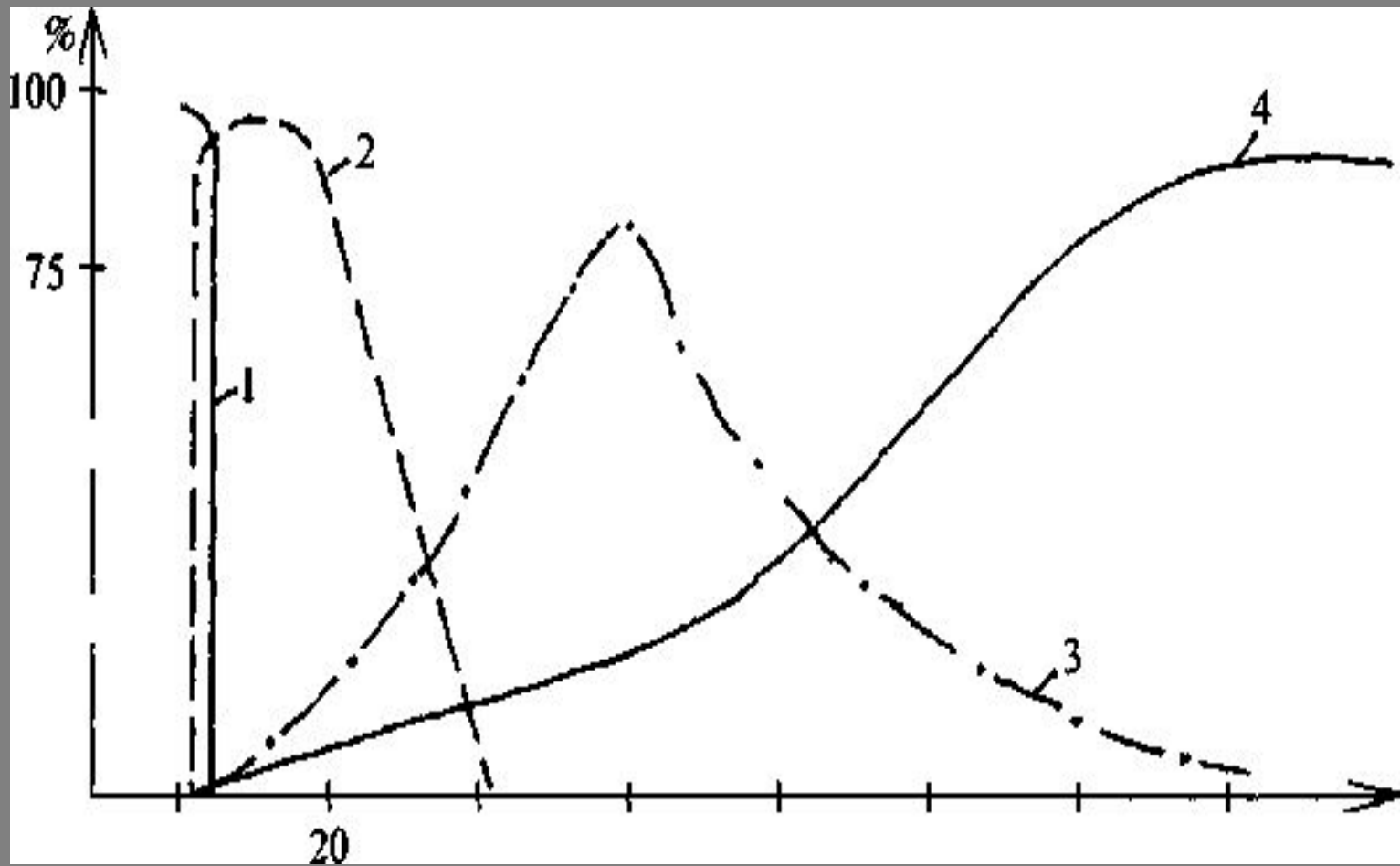
- Для получения 1 моль АТФ надо 3,45л кислорода;
- в покое за 10—15 мин, а при интенсивной мышечной деятельности — за 1 мин.
- Потребность в кислороде возрастает в 30-50 раз, тогда как потребление его за 1 мин. возрастает лишь в 20 раз.

# Потребление кислорода при физических нагрузках



- **Кислородный запрос (КЗ):** - количество кислорода необходимое для выполнения работы полностью в аэробных условиях.
- **Кислородный приход (КП)** – фактическое количество кислорода, поступающее к мышцам, зависит от функционального состояния дыхательной системы, сердца, системы кровоснабжения, количества миоглобина в мышцах.
- **МПК – максимальное потребление кислорода за 1 мин** – интегральный показатель работы сердечно-сосудистой системы
- У не спортсменов МПК равно в среднем 42-44мл/кг мин., у мастеров спорта МПК может достигать 90мл/кг мин.
- **Кислородный дефицит = КЗ – КП**
- Кислородный дефицит тем значительнее, чем интенсивнее работа.
- **Кислородный долг(КД)** – повышенное потребление кислорода после работы. (25л) :  
быстро ликвидируемый (АКД- алактатный кислородный долг) (5л)  
медленно ликвидируемый (ЛКД – лактаcidный кислородный долг)(20л)
- Для не спортсменов АКД равен **21мл/кг**,
- у мастеров спорта АКД достигает **54мл/кг**.
- **Максимальный кислородный долг** у людей не занимающихся спортом составляет **4-7л**, у мастеров спорта достигает **20-25л**.

# Порядок включения систем энергообеспечения при интенсивной работе



# Показатели развития энергетических систем

- **Мощность процесса** – это количество энергии (молекул АТФ), которое может дать данный процесс за единицу времени. Определяется в основном активностью ферментов, доступностью субстратов, количеством метаболитов.
- **Емкость процесса** – это общее количество энергии, которое может быть получено за счет данного процесса. Определяется в основном запасами энергетических субстратов.
- **Эффективность процесса** – это отношение энергии, затраченной на образование АТФ к общему количеству энергии, освободившейся в данном процессе. – это КПД процесса.

# Сравнение энергетических систем

Энергетический процесс	Макс. мощность кДж/кг·мин	Максим. емкость, кДж/кг	Время удержания максималь. мощности, сек	Эффек- тивность  %
<b>Алактатный</b>	3770	630	6	40
<b>Гликолитический</b>	2500	1050	60	22
<b>Аэробный</b>	1250	∞	600	30