

**Механизмы адаптации  
организма человека  
к длительным физическим  
нагрузкам  
аэробной направленности.**



# Основные энергетические системы

## Анаэробная лактатная

гликоген  $\rightarrow$   $LA^- + H^+$   
2.5 моль АТФ/мин  
1.3-1.6 мин

## Аэробная

Глюкоза  
Жирные кислоты  
Аминокислоты

+O<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

1 моль АТФ/мин  
До истощения  
энергетический  
субстратов

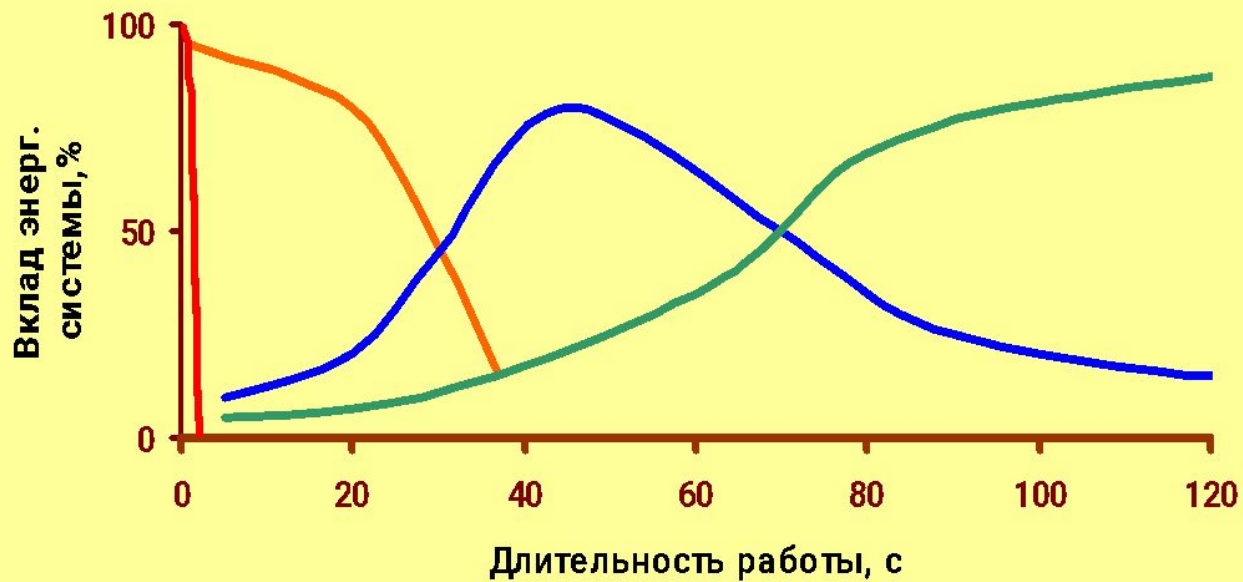
## Анаэробная алактатная (фосфагенная)

АТФ

3 сек

Кр

креатинфосфат  $\rightarrow$  креатин + PO<sub>3</sub>  
4 моль АТФ/мин  
8-10 сек



- КрФ
- анаэробная лактатная
- аэробная
- АТФ



# МПК

## Максимальное Потребление Кислорода

- интегральный показатель, характеризующий суммарную мощность как аэробных, так анаэробных систем энергообеспечения во время максимальной физической нагрузки. Соответствует  $\max$  ЧСС.
- абсолютные показатели ( $\text{лO}_2/\text{мин}$ ) в прямой зависимости с размерами (весом) тела. У нетренированных мужчин 20-30 лет  $\text{МПК} \approx 3-3,5 \text{ л/мин}$ , то у элитных спортсменов МПК до 5-6 л/мин.
- относительные показатели  $\text{мл} (\text{O}_2/\text{кг} \cdot \text{мин})$  в обратной зависимости от веса тела. Соответственно 45-50  $\text{мл/кг} \cdot \text{мин}$  и более 80  $\text{мл/кг} \cdot \text{мин}$
- Скаковая лошадь имеет  $\text{МПК} \geq 150 \text{ мл/кг} \cdot \text{мин}$



# Анаэробный и Аэробный порог

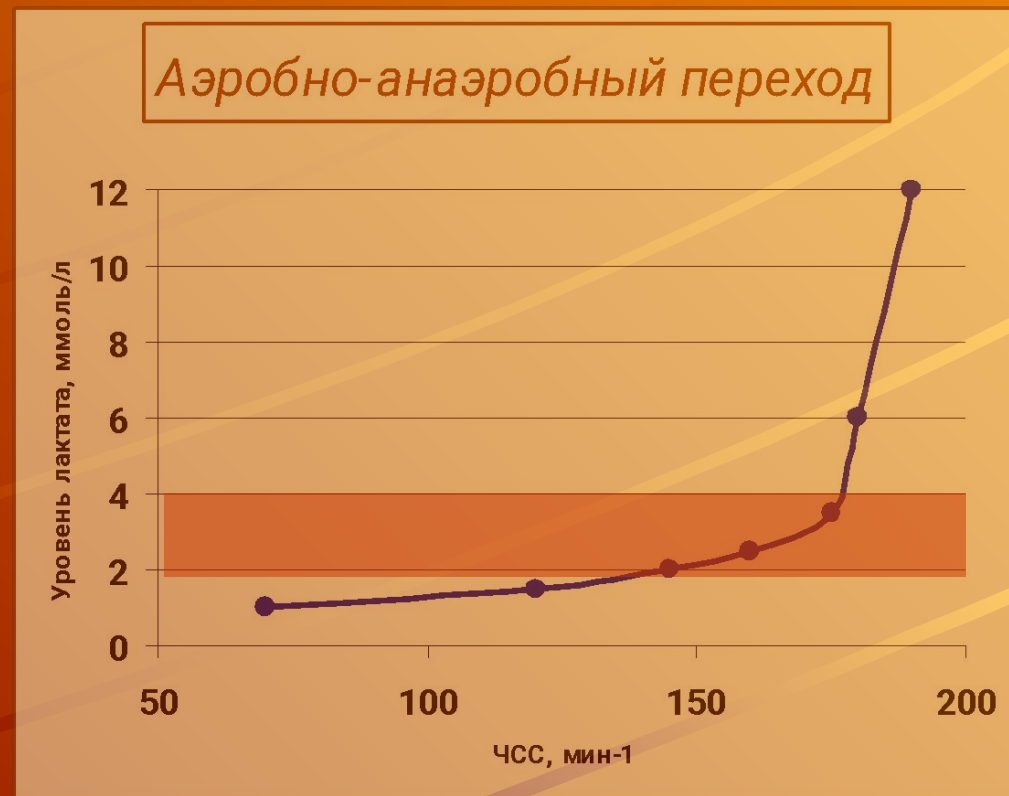
концентрация лактата 2 ммоль/л

Самая высокая интенсивность, при которой еще сохраняется равновесие между количеством производимой и поглощаемой молочной кислоты.

концентрация лактата 4 ммоль/л



элитных марафонцев скорость на уровне анаэробного порога → превышает 20 км/ч



# Кислородтранспортная система

- Система внешнего дыхания
- Система крови
- Сердечно-сосудистая система

# Система утилизации кислорода

- Мышечный аппарат





# Система внешнего дыхания

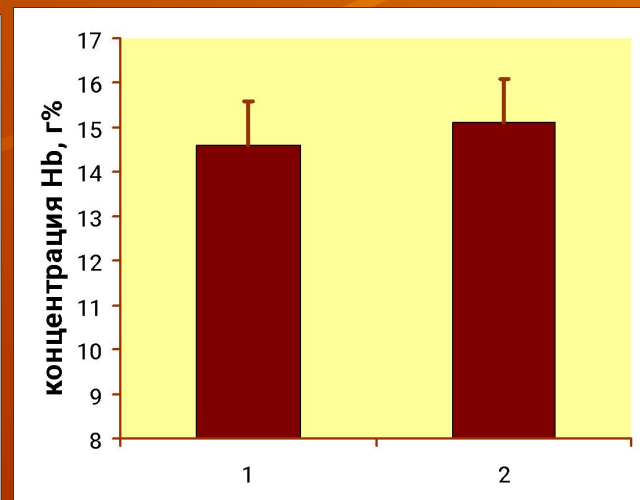
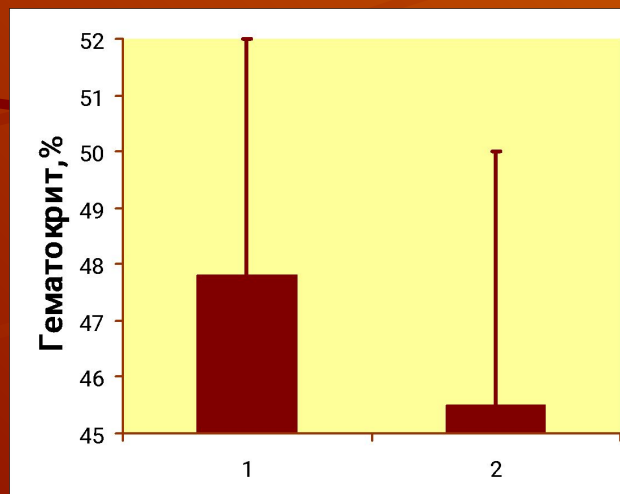
- ЛВ стайеров 120-145л/мин; индивид max 70-100л/мин;
- ЛО и ЛЕ в покое ↑ на 10-20%, max ЖЕЛ=9л у гребцов
- ЧД не ↑, но прирост ЛВ за счет глубины (при max аэробной работе ГД до 50-55% ЖЕЛ);
- ↑ Эффективность ЛВ – ↑ вентиляционного эквивалента кислорода (Вдыхания на 1 литр O<sub>2</sub>);
- ↑ газообмен в лёгких, так у стайеров в покое = при max нагрузке у индивида;
- ↑ вентиляционный анаэробный порог (т.е. мощность, с которой вентиляция растёт быстрее интенсивности нагрузки), 50-60% и 80-85% среди марафонцев.

Не обнаружили корреляцию между МПК и ЖЕЛ

# Система крови

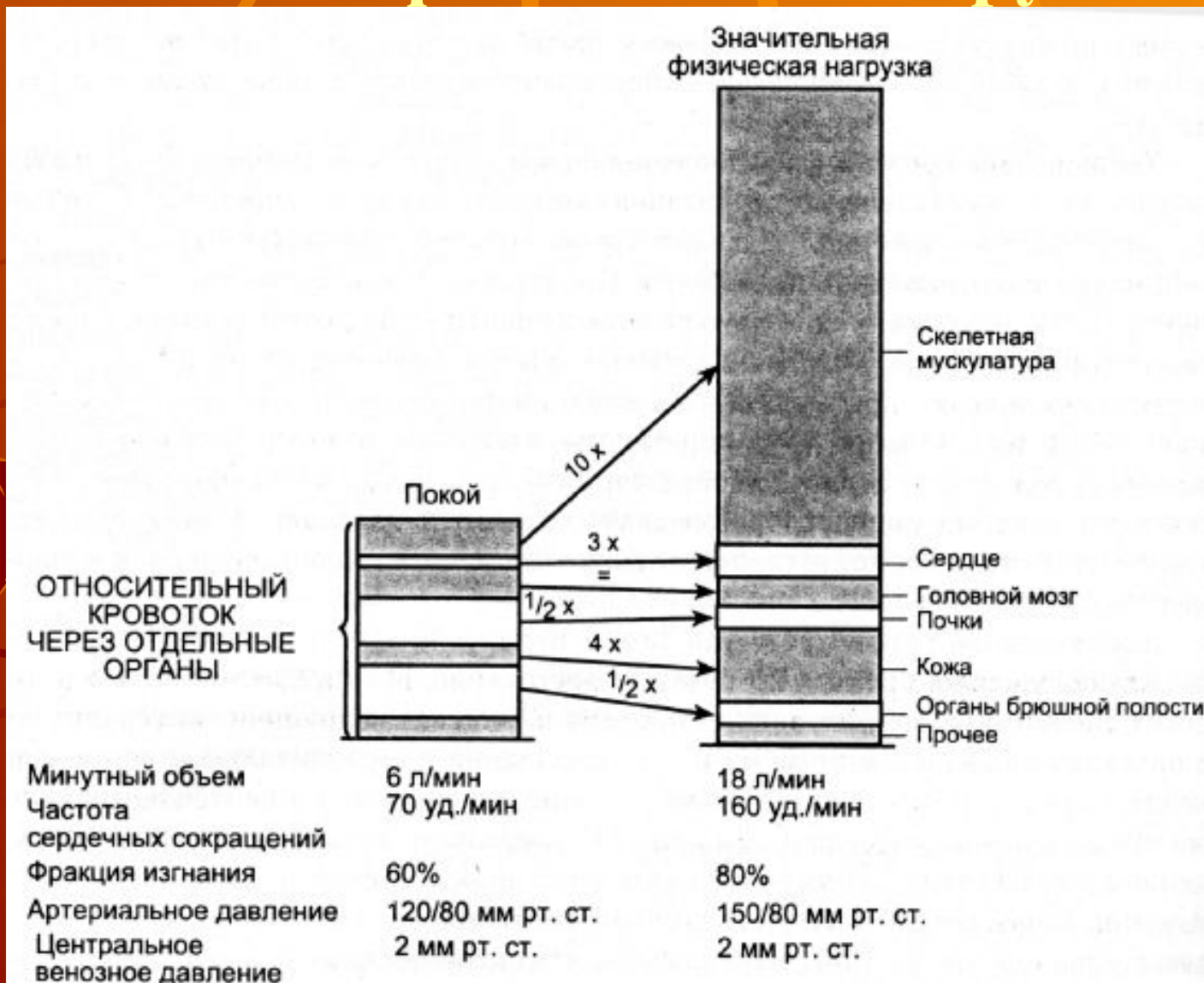
- $\uparrow$  ОЦК  $\Rightarrow$   $\uparrow$  ЦОК и ВВ  $\Rightarrow$   $\uparrow$ СО
- $\downarrow$ Нt ( $\downarrow$  нагрузка на сердце);
- Стимулятор эритропоэза – рабочий гемолиз;
- Гемоконцентрация ( $\uparrow$ О<sub>2</sub> ёмкость крови  $\approx$  нагрузке);
- $\uparrow$  содержание О<sub>2</sub> в а. крови;
- $\uparrow$  2,3-ДФГ на 15-20% в эритроцитах у спортсменов, тренирующихся на выносливость;
- Улучшенная система утилизации лактата.

1-нетренированные; 2-спортсмены.





# Реакция сердечно-сосудистой системы на значительные физические нагрузки.



# Изменения при длительной адаптации в сердце

- БОЛЬШАЯ МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ СОКРАЩЕНИЯ И РАССЛАБЛЕНИЯ
- БОЛЬШОЙ КОНЕЧНЫЙ ДИАСТОЛИЧЕСКИЙ, УДАРНЫЙ И МАКСИМАЛЬНЫЙ МИНУТНЫЙ ОБЪЕМ
- УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА КОРОНАРНЫХ КАПИЛЛЯРОВ И ИХ ПЛОТНОСТИ
- УМЕРЕННАЯ ГИПЕРТРОФИЯ МИОКАРДА
- УВЕЛИЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МИОГЛОБИНА В МИОКАРДЕ
- РОСТ ЧИСЛА МИТОХОНДРИЙ
- БРАДИКАРДИЯ ПОКОЯ

# Гипертрофия миокарда

## D-гипертрофия

$\uparrow m_{\text{миокарда}}$  без изменения  
полостей левого желудочка:  
гиперплазия органелл (МХ и МФ)



## L-гипертрофия

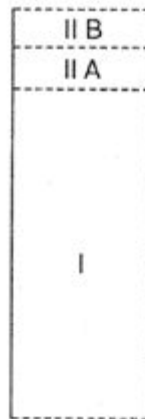
$\uparrow m_{lv}$ , рост полости левого жел.  
 $\uparrow$  кол-ва саркомеров в миофибриллах

# Мышечный аппарат

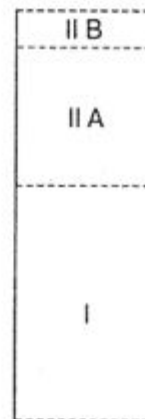


Процент различных типов волокон у двух разных спортсменов: «выносливого марафонца» и «быстрого марафонца»

«Выносливый марафонец»



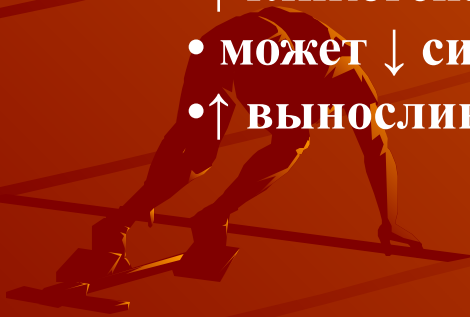
«Быстрый марафонец»



- Свыше 20 лет тому назад Benzi с соавторами (1975) выявили, что увеличение активности энзимов митохондрий в мышечных волокнах, и, следовательно, увеличение потребления кислорода в мышцах, может происходить за счет работы, выполняемой с интенсивностью, при которой образуется небольшое количество молочной кислоты.

## Рабочая гипертрофия мышц

- «Саркоплазматическая»
- ↑ объёма саркоплазмы, а не сократительных белков;
- ↑ гликогена, КрФ, Mb;
- может ↓ сила сокращения;
- ↑ выносливость;



# Температурный и водный баланс

90% от 2700ккал



$\uparrow t_{\text{тела}}$  на  $\approx 50^{\circ}\text{C}$

$\approx 50\text{ккал}$   $\uparrow t_{\text{тела}}$   
на  $1^{\circ}\text{C}$

- конвекция
- потоотделение
- теплопроводность

**Спортсмены:**

потеря более 3% от  $m_{\text{тела}}$   $\rightarrow$   
 $\downarrow$  работоспособности  
более 2 кг при  $m_{\text{тела}} = 70\text{кг}$

**Не тренированные:**

потеря 2% от  $m_{\text{тела}}$   $\rightarrow$   
 $\downarrow$  работоспособности  
 $\approx 1,5\text{кг}$  при  $m_{\text{тела}} = 70\text{кг}$





# Переход срочных адаптационных реакций в долговременную адаптацию.

- Формирование системного структурного следа;
- Индукторы протеиносинтеза клеточного (АДФ/АТФ, Кр/КрФ) уровня;
- Гормонального (инсулин, стероиды, тироксин, эритропоэтин, соматотропин и др.) уровня.

# Динамика физиологического состояния организма при спортивной деятельности

## Предстартовое состояние

растет ЛВ, АД,  $[LA]_{b+m}$ ,  $t_{\text{тела}}$ ,  
 $[Adr]$ ,  $[NA]$ ,  
потребление  $O_2$ , сердечный выброс

## Рабочий период

состояние  
вработывания  
устойчивое состояние  
устомление

## Восстановление



# “Мёртвая точка” и “второе дыхание”

## Субъективные чувства:

головокружение; стеснение в груди;  
ощущение пульсации сосудов головного мозга;  
иногда боль в мышцах

## Объективные признаки состояния:

частое и поверхностное дыхание, ↑ потребление  $O_2$  и  
↑ выделение  $CO_2$ , ↑ ЧСС, ↑ содержание  $CO_2$  в крови и  
альвеолярном воздухе, ↓ рН крови,  
значительное потоотделение.

Желание  
прекратить  
работу.

## Несогласованная мышечная работа с кислородтранспортной системой.

Накопление продуктов  
анаэробного метаболизма (LA)

Гипоксия дыхательных мышц

# Допинг

- Кофеин - ↓ время марафона на 7%, ( $\approx 3$  чашки кофе)
- Андрогены (или другие стероидные анаболики) – особенно среди женщин, анаболические нефро-, мио-, гепатотропные эффекты; усиление эритропоэза.
- Амфетамин и кокаин – улучшение результата, воздействие на психическом уровне.
- $\text{NaHCO}_3$  - буфер крови, ограничения ацидоза продуктами анаэробного гликолиза. 0,3г на кг веса за 1-2 часа до старта.
- Эритропоэтин

# ВЫВОДЫ:

- Переход от срочной к долговременной адаптации основывается на индукции адаптивного синтеза белков;
- Цель тренировки в поддержании биохимических констант организма при высоких нагрузках и улучшении физиологических и динамических показателей .
  - Спорт - наш друг!