

**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

Анаэробная алактатная (фосфагенная)

АТ

3 сек

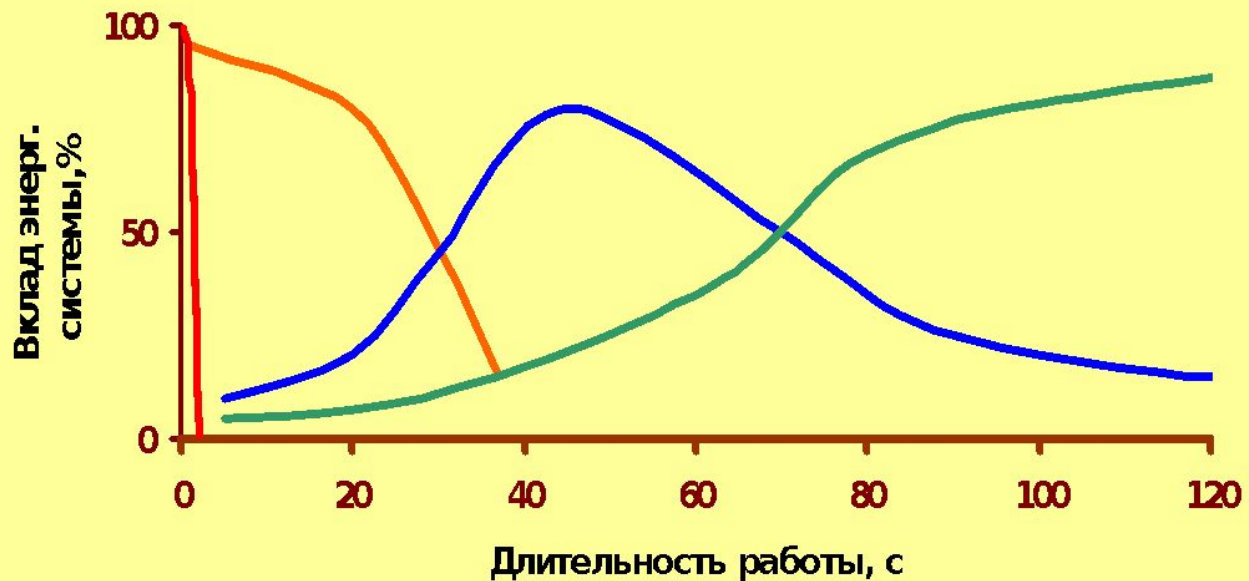
Кр

креатинфосфат \rightarrow креатин + PO_3
4 моль АТФ/мин
8-10 сек

+O₂

CO₂ + H₂O

1 моль АТФ/мин
До истощения
энергетический
субстратов



— 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

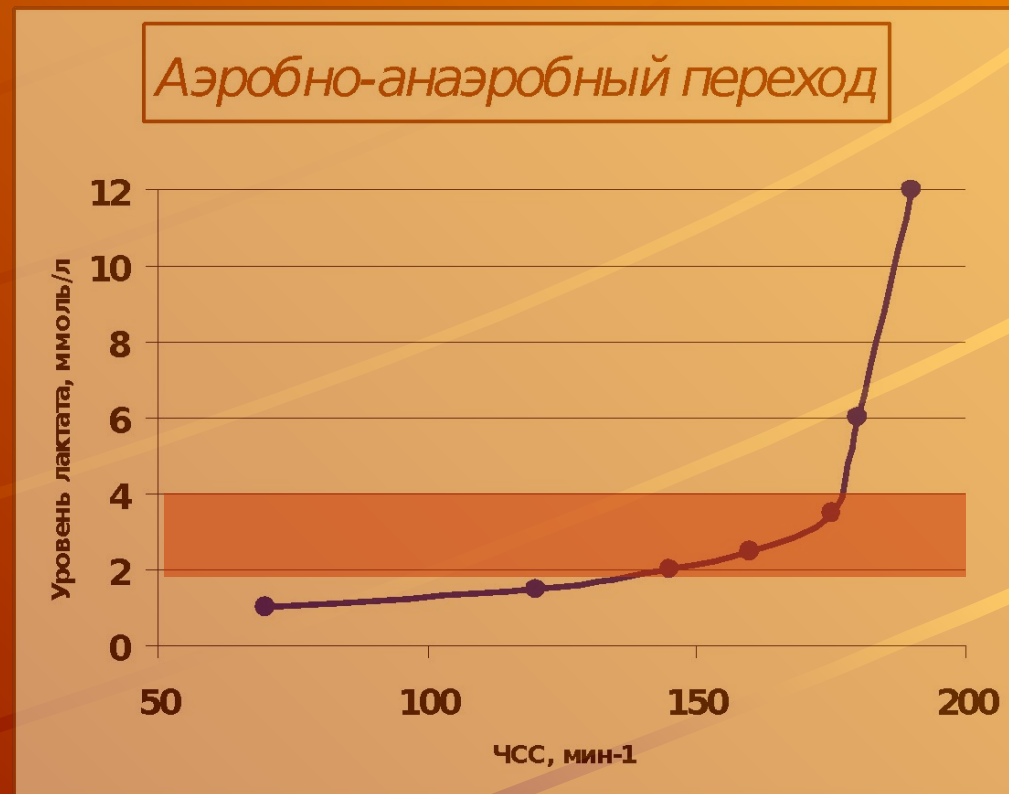
концентрация лактата 2 ммоль/л

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 O₂);
- ↑ 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.

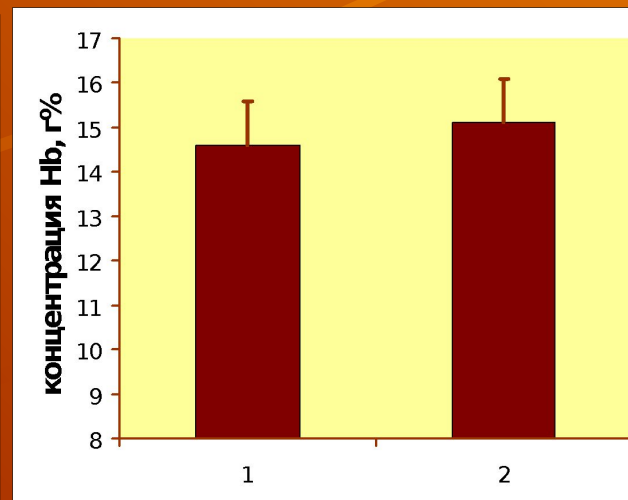
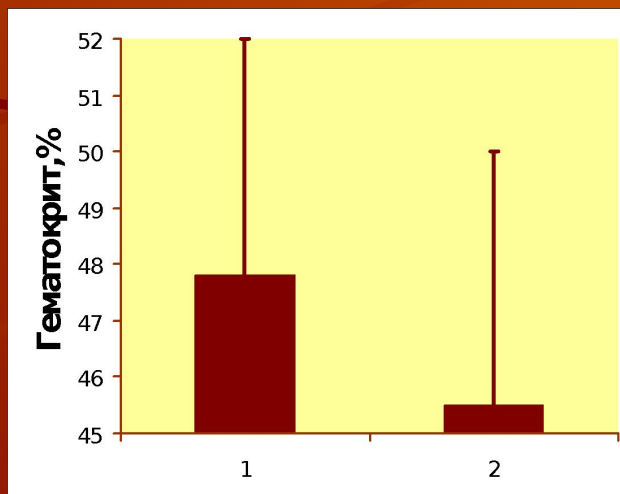
Не обнаружили корреляцию между МПК и ЖЕЛ

Система крови

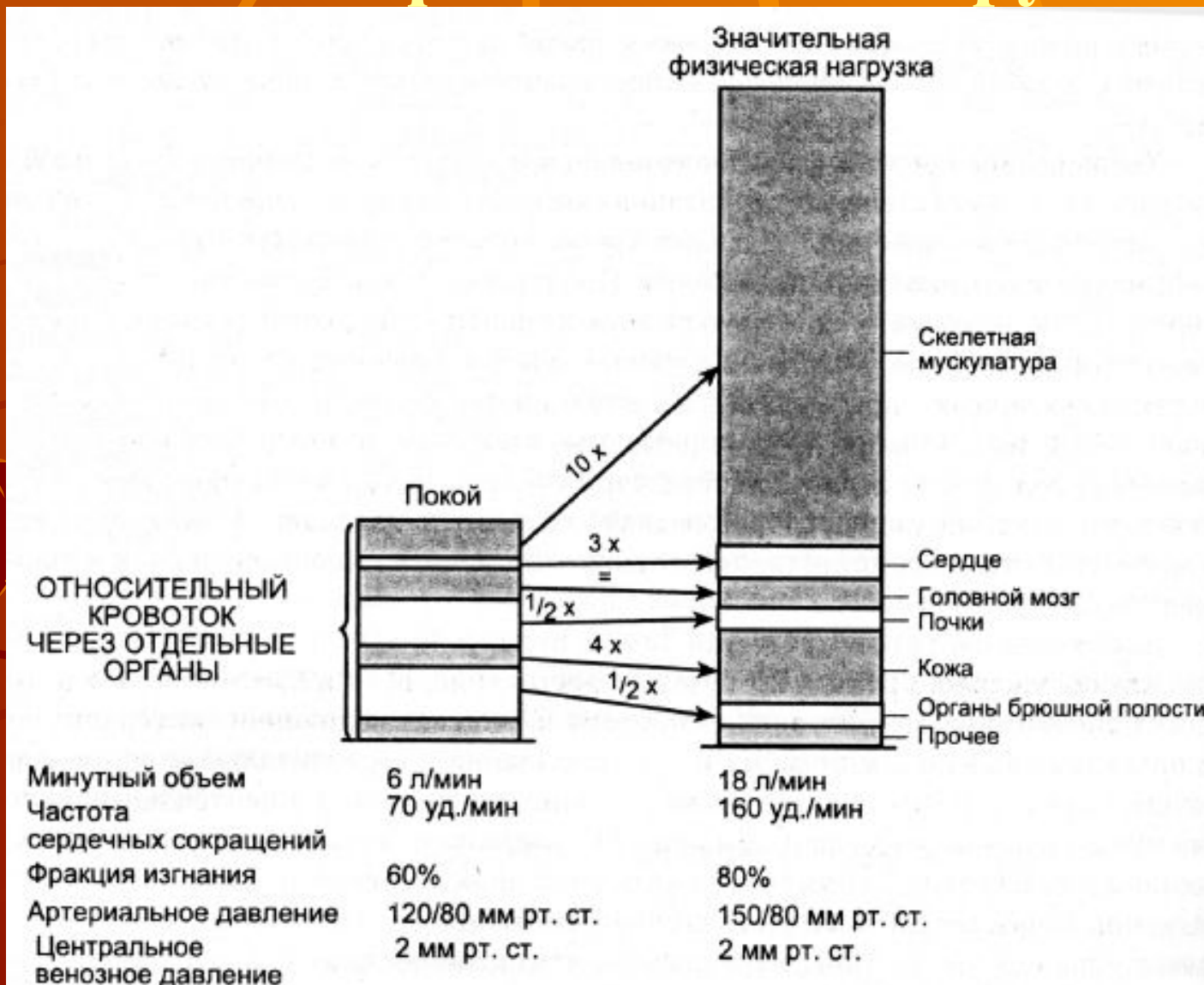
- \uparrow ОЦК \Rightarrow \uparrow ЦОК и ВВ \Rightarrow \uparrow СО
- \downarrow Нt (\downarrow нагрузка на сердце);
- Стимулятор эритропоэза – рабочий гемолиз;
- Гемоконцентрация (\uparrow O_2 ёмкость крови \approx нагрузке);
- \uparrow содержание O_2 в а. крови;
- \uparrow 2,3-ДФГ на 15-20% в эритроцитах 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

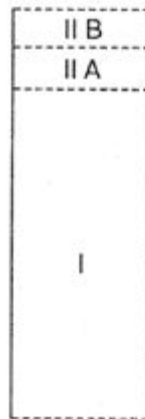
$\uparrow m_{lv}$, рост полости левого жел.
 \uparrow кол-ва саркомеров в миофибриллах

Мышечный аппарат

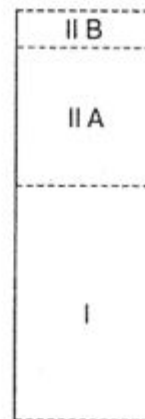


Процент различных типов волокон у двух разных спортсменов: «выносливого марафонца» и «быстрого марафонца»

«Выносливый марафонец»



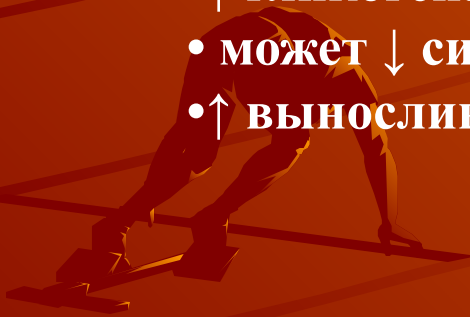
«Быстрый марафонец»



- 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

≈ 50 ккал $\uparrow t_{\text{тела}}$
на 1°C

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

- 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, \uparrow потребление O_2 и
 \uparrow выделение CO_2 , \uparrow ЧСС, \uparrow содержание CO_2 в крови и
альвеолярном воздухе, \downarrow 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%, (≈ 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.
- 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!