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

# Основные энергетические системы

## Анаэробная лактатная

гликоген→$LA^-$ + $H^+$

2.5моль АТФ/мин

1.3-1.6 мин

## Аэробная

Глюкоза

Жирные кислоты

Аминокислоты

+$O_2$

$CO_2$ + $H_2O$

1 моль АТФ/мин

До истощения энергетический субстратов

## Анаэробная алактатная (фосфагенная)

### АТФ

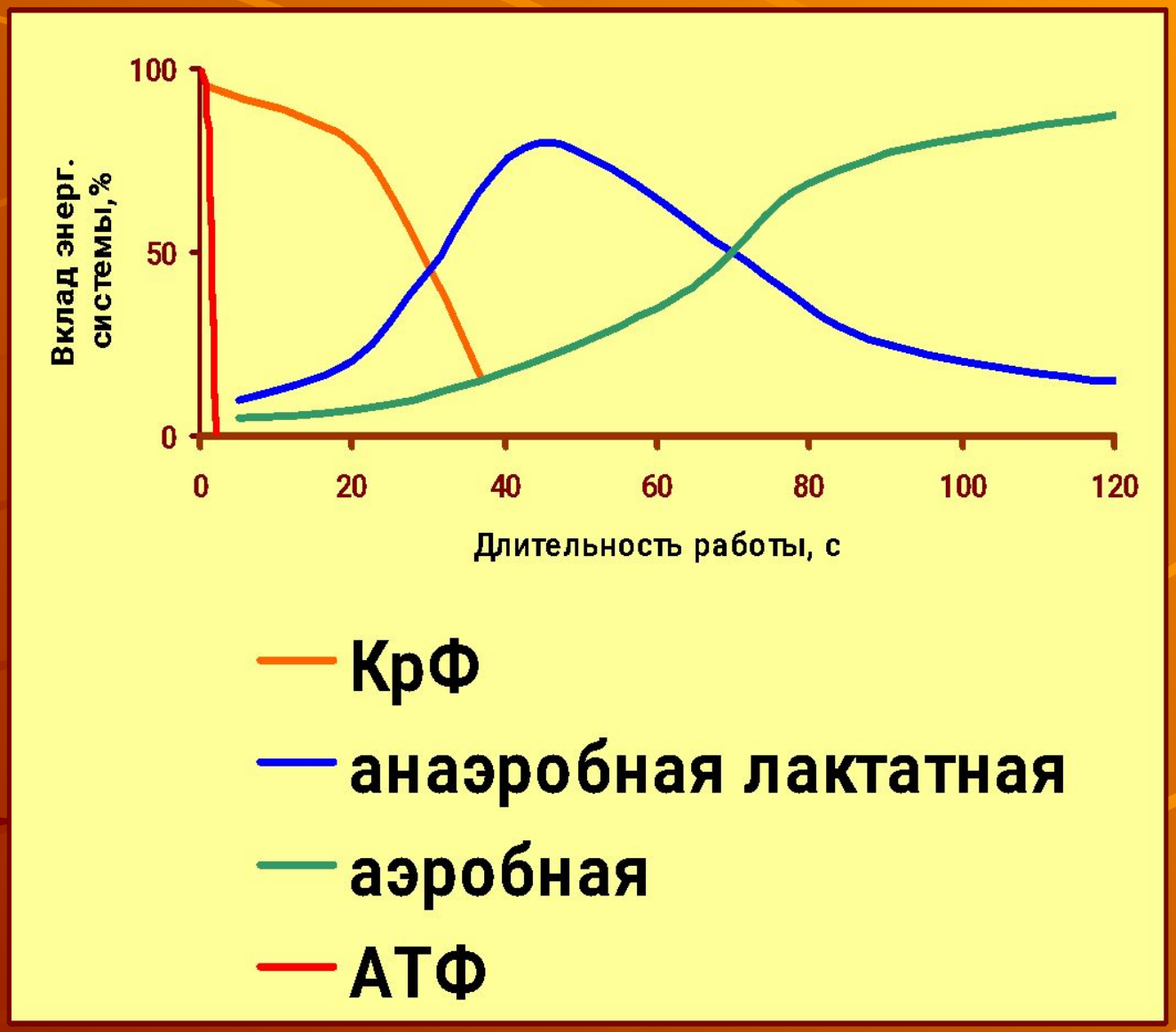
3сек

### КрФ

креатинфосфат→креатин + $PO_3$

4 моль АТФ/мин

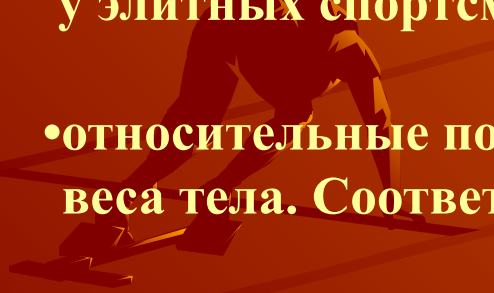
8-10сек


100
50
0
Вклад энерг. системы,%
0
20
40
60
80
100
120
Длительность работы, с
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 (л$O_2$/мин) в прямой зависимости с размерами (весом) тела. У нетренированных мужчин 20-30 лет МПК≈3-3,5л/мин, то у элитных спортсменов МПК до 5-6л/мин.



- относительные показатели мл ($O_2$/кг*мин) в обратной зависимости от веса тела. Соответственно 45-50мл/кг*мин и более 80мл/кг*мин

- Скаковая лошадь имеет МПК≥150мл/кг*мин

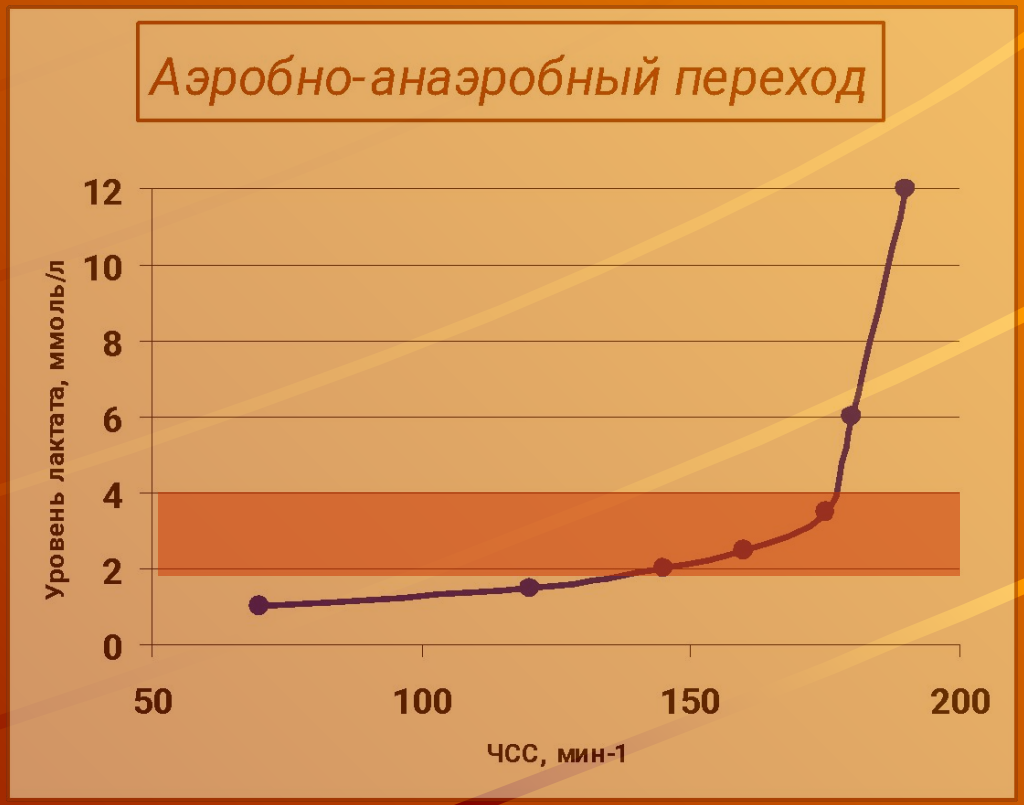
# Анаэробный и Аэробный порог

**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

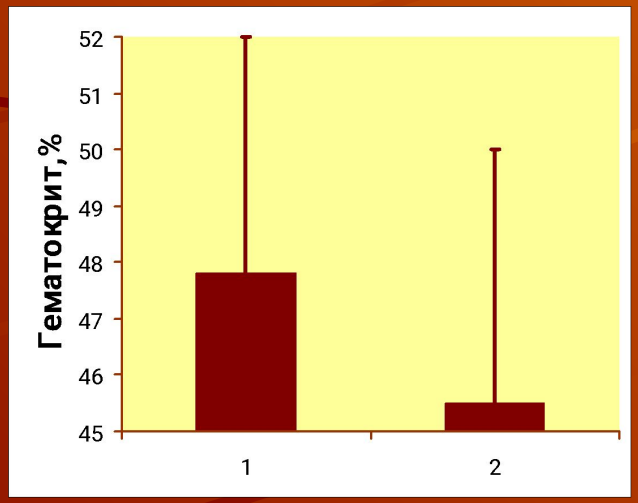
- ЛВ стайеров 120-145л/мин; индивид max 70-100л/мин;
- ЛО и ЛЕ в покое ↑ на 10-20%, max ЖЕЛ=9л у гребцов
- ЧД не ↑, но прирост ЛВ за счет глубины (при max аэробной работе ГД до 50-55% ЖЕЛ);
- ↑ Эффективность ЛВ – ↑ вентиляционного эквивалента кислорода (Vдыхания на 1 литр $O_2$);
- ↑ газообмен в лёгких, 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.

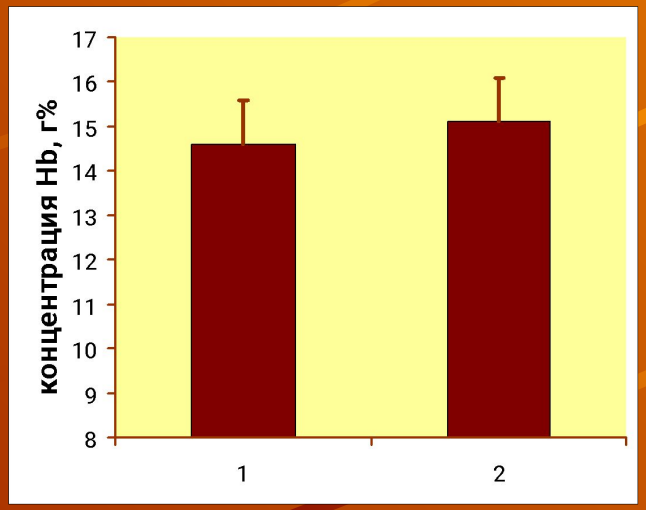
**Не обнаружили корреляцию между МПК и ЖЕЛ**

# Система крови

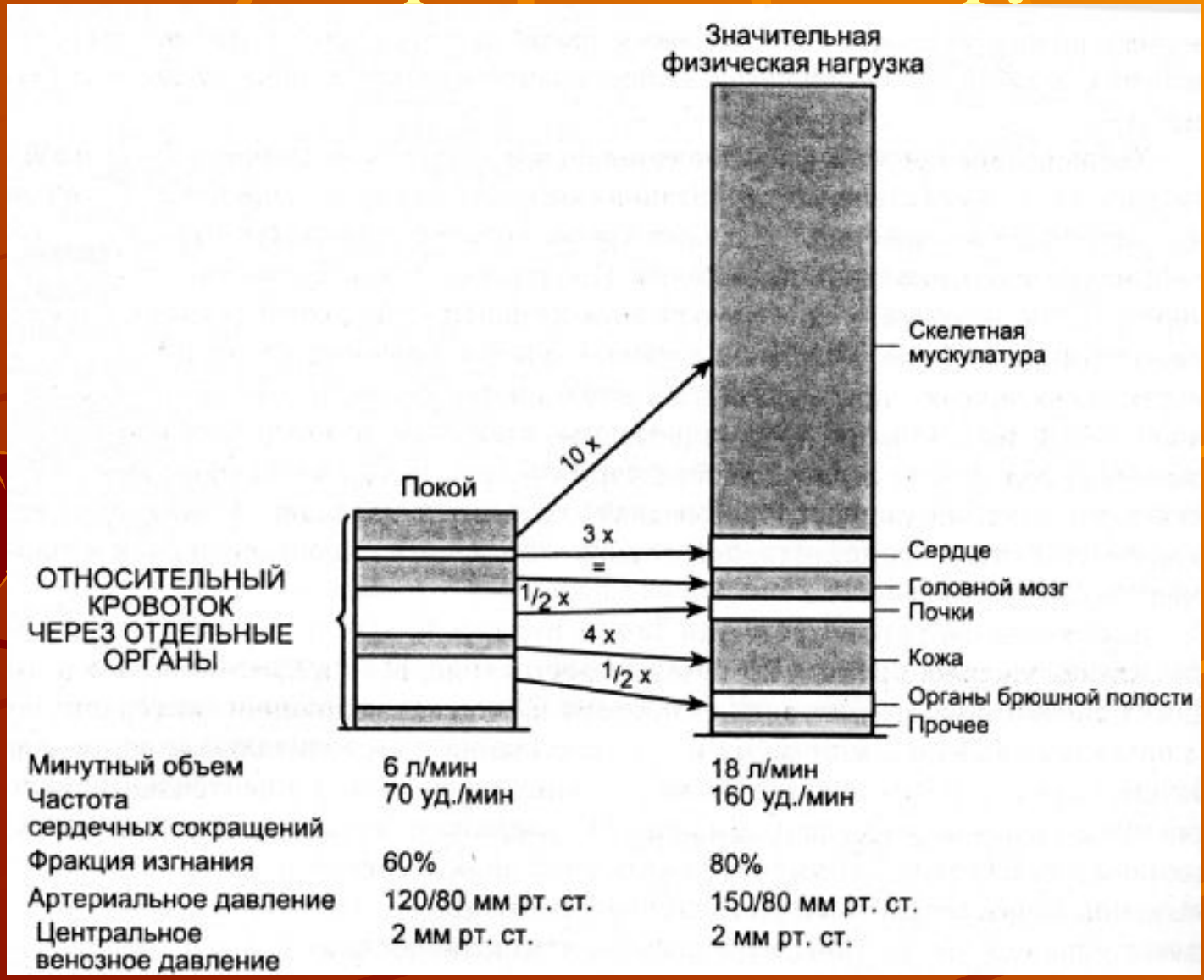
- ↑ ОЦК => ↑ ЦОК и ВВ => ↑СО
- ↓Ht (↓ нагрузка на сердце);
- Стимулятор эритропоэза – рабочий гемолиз;
- Гемоконцентрация (↑$O_2$ ёмкость крови ≈ нагрузке);
- ↑ содержание $O_2$ в а. крови;
- ↑ 2,3-ДФГ на 15-20% в эритроцитах у спортсменов, тренирующихся на выносливость;
- Улучшенная система утилизации лактата.

1-нетренированные; 2-спортсмены.



# Реакция сердечно-сосудистой системы на значительные физические нагрузки.




Морман Д. Хеллер Л. Физиология сердечно-сосудистой системы

# Изменения при длительной адаптации в сердце

- БОЛЬШАЯ МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ СОКРАЩЕНИЯ И РАССЛАБЛЕНИЯ
- БОЛЬШИЙ 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

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

## L-гипертрофия

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

# Мышечный аппарат

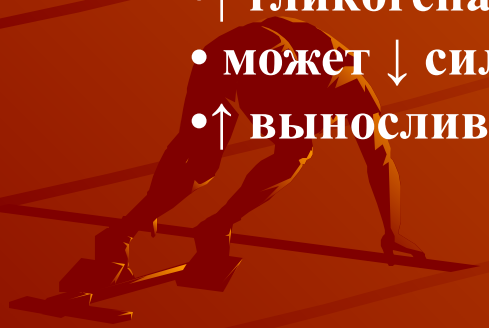
**Процент различных типов волокон у двух разных спортсменов: «выносливого марафонца» и «быстрого марафонца»**

Энрико Арселли, Ренато Канова «Тренировка в марафонском беге: научный подход.»

•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**

**≈50ккал ↑$t_{тела}$ на $1^0$C**

- ***конвекция***
- ***потоотделение***
- ***теплопроводность***

**↑ $t_{тела}$ на ≈$50^0$C**

**Не тренированные:**
**потеря 2% от $m_{тела}$ →**
**↓ работоспособности**
**≈1,5кг при $m_{тела}$ =70кг**

**Спортсмены:**
**потеря более 3% от $m_{тела}$ →**
**↓ работоспособности**
**более 2 кг при $m_{тела}$ = 70кг**

# 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, $[LA]_{b+m}$, $t_{тела}$, [Adr],[NA], потребление $O_2$, сердечный выброс

**Рабочий период**

**состояние врабатывания**
**устойчивое состояние**
**утомление**

**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, ↓ pH 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!