



# Физиология

лекция

# Необходимость знания физиологии для инструктора.



- Прежде всего, необходимо отметить, что фитнес-инструктор должен обладать необходимой информацией и уровнем квалификации для проведения эффективных и безопасных занятий с клиентами.
- Инструктор должен осуществлять постепенное увеличение нагрузок, чтобы свести к минимуму возможность перенапряжения и получения травм; создавать и подбирать программы различных упражнений и видов двигательной активности; помогать занимающимся определять реальные цели, периодически проводить оценку достижений в уровне здоровья и физической подготовленности.
- Для всего этого необходимы знания о физиологии.

# физиология



- Изучает функции организма при спортивных нагрузках по реакции сердечно-сосудистой системы, дыхательной системы, мышечной системы и влиянию окружающей среды (экологическая физиология).

# нагрузка



- Это внешняя задача, параметры которой не зависят от человека, выполняющего работу.

А) физическая (можем точно охарактеризовать физ. величинами)

Б) нервно-психическая (словесное описание)

# Работа



- активность, проявляемая как реакция на нагрузку, зависит от индивидуальных особенностей человека
    - А) умственная
    - Б) физическая:
      - динамическая
      - статическая
- (часто комбинация)

# Динамическая работа



- Выполняется, когда в физическом смысле происходит преодоление сопротивления на определённом расстоянии (1 ватт, 1 Дж\сек, 1 нм\сек).
- При положительной ДР мышцы выполняют роль двигателя, а при отрицательной - роль «тормоза» (спуск с горы)

# Статическая работа



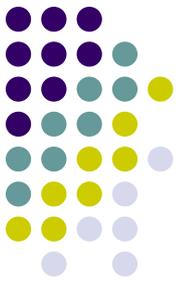
- Производится при изометрическом мышечном сокращении. Т.к. при этом не преодолевается расстояние, в физическом смысле это - не работа. Но организм реагирует на нагрузку физиологическим напряжением. Работа в этом случае измеряется как произведение силы и времени

# Работоспособность



- способность реагировать на нагрузку и выполнять определённую работу. Зависит от состояния здоровья, уровня подготовленности, а так же от способности к данной работе(таланта). На неё оказывает влияние окружающая среда (время суток, температура, климат, шум) и эмоциональная сфера.

# Способ определения работоспособности



- **эргометрия** - оценивает способность сердца, кровеносных сосудов и легких доставлять кислород и питательные вещества в работающие мышцы и ткани во время продолжительной двигательной активности, а так же выводить из них продукты обмена веществ, которые могут привести к утомлению (велозэргометры, тредбанэргометры)

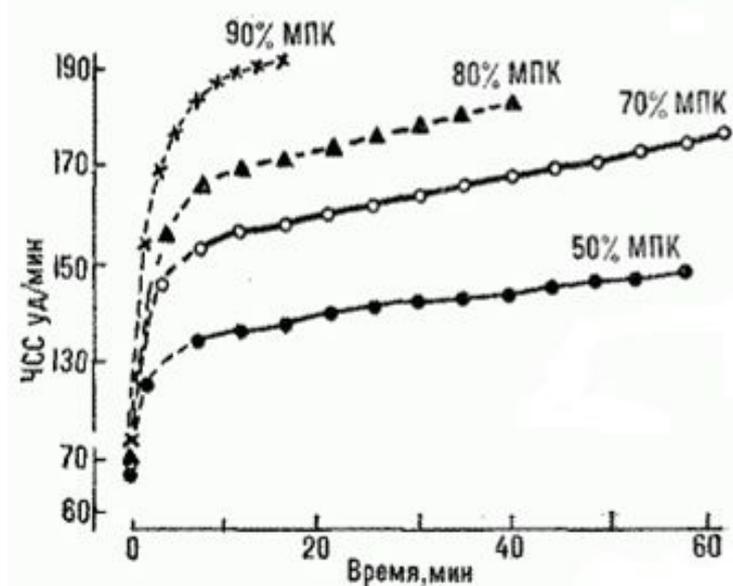
# Быстрая адаптация к физическим нагрузкам

## А. Сердечно-сосудистая система



**ЧСС** в покое 60-90 ударов в минуту

- >90 ударов в минуту – тахикардия (симпатическая активность, переутомление, нарушение ритма сердца)
- <60 ударов в минуту – брадикардия (спортивная брадикардия, влияние блуждающего нерва, блокады сердца)
- Аритмия – неритмичное сердцебиение, «перебои» в работе сердца - необходима консультация кардиолога, ЭКГ.
- Синусовая (дыхательная) аритмия – при нейроциркуляторной дистонии, переутомлении, детренированности.



# Артериальное давление



- **Артериальное давление** – это сила, с которой кровь давит на стенки артерий при сокращении сердечной мышцы. Верхняя и нижняя цифры при измерении давления означают систолическое и диастолическое давление соответственно. Давление крови измеряется в миллиметрах ртутного столба.
- *Систолическое давление (САД)* возникает, когда сердце выкачивает кровь из полостей желудочков (систола); это максимальное давление, создающееся сердцем за весь кардиальный (сердечный) цикл.
- *Диастолическое давление (ДАД)* возникает в результате давления крови, оставшейся в артериях во время наполнительной фазы сердечного цикла, когда сердечная мышца расслаблена; это минимальное давление за весь период цикла.

# Артериальное давление



- Мин.цифры нормального АД - **90/60** мм рт ст.
- Макс. цифры нормального АД - **140/90** мм рт ст.
- Средние цифры АД - **120/80** мм рт ст.
- **>140/90** мм рт ст. – гипертония
- **<90/60** мм рт ст. – выраженная гипотония

## 5 типов реакции организма на нагрузку:



### 1. *Нормотонический*

- адекватное увеличение ЧСС (на 60-80%)
- повышение САД (на 15-30%)
- снижение ДАД (на 10-35%)
- восстановительный период (восстановление ЧСС и АД до исходного уровня) - 3 минуты;

### 2. *Гипотонический или астенический*

- значительное повышение ЧСС (на 120 - 150%)
- АД значимо не изменяется
- период восстановления ЧСС более 3 минут;

## 5 типов реакции организма на нагрузку:



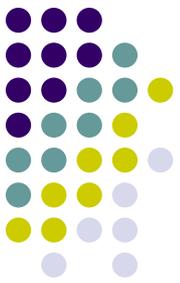
### 3. *Гипертонический*

- адекватное возрастание ЧСС
- резкое повышение САД (более чем на 50%, даже без подъема диастолического)
- или изолированный подъем ДАД (более чем на 10 мм рт. ст.)
- затянутый период восстановления ЧСС и АД – более 3 мин;

### 4. *Дистонический*

- адекватное возрастание ЧСС
- умеренное повышение САД (менее чем на 50%)
- падением после прекращения нагрузки ДАД, которое может резко снижаться, иногда до 0
- при длительности восстановления ДАД менее 3 мин реакция расценивается как вариант нормы

# 5 типов реакции организма на нагрузку:



## 5. *Ступенчатый*

- ступенчатый подъемом САД на 2-ой и 3-й минутах восстановительного периода, что отражает функциональную неполноценность регуляторной системы кровообращения, и затянутым периодом восстановления.

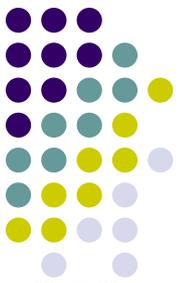
**Благоприятными** типами реакции являются нормотонический и дистонический при условии быстрого восстановления (до 3 мин) исходных величин ЧСС и АД. Остальные типы реакций на нагрузку расцениваются как неблагоприятные.

# Ударный объём



- **Систолический (ударный объём)**- это количество крови, которое выталкивает сердце при одном сокращении, при этом в желудочке может еще оставаться некоторое количество крови.
- УО зависит от венозного притока и *при работе он увеличивается*. При работе увеличивается общий объем кровотока, УО нарастает до макс. величины, которое достигается при частоте сердцебиения около 130 уд/мин, затем сохраняется на постоянном уровне. В целом, УО возрастает на 20-30%.
- Макс. величина УО крови зависит от размеров сердца.
  - У нетренированного человека в покое СО 60 мм, при работе 100 мм.
  - У спортсмена СО в покое 80 мм и >, при работе до 200 мм и >.
-

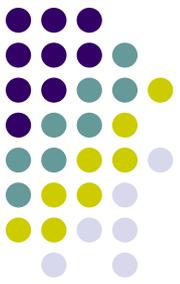
# Ударный объем



- При одинаковой нагрузке сердце тренированного человека, по сравнению с сердцем нетренированного, обеспечивает больший УО крови и имеет меньшую ЧСС.
- УО зависит от положений тела и при переводе из положения лежа в положение стоя УО уменьшается приблизительно на 40% в результате затруднения венозного притока к сердцу.
- При натуживании кровотоков грудной полости уменьшается и УО уменьшается наполовину.

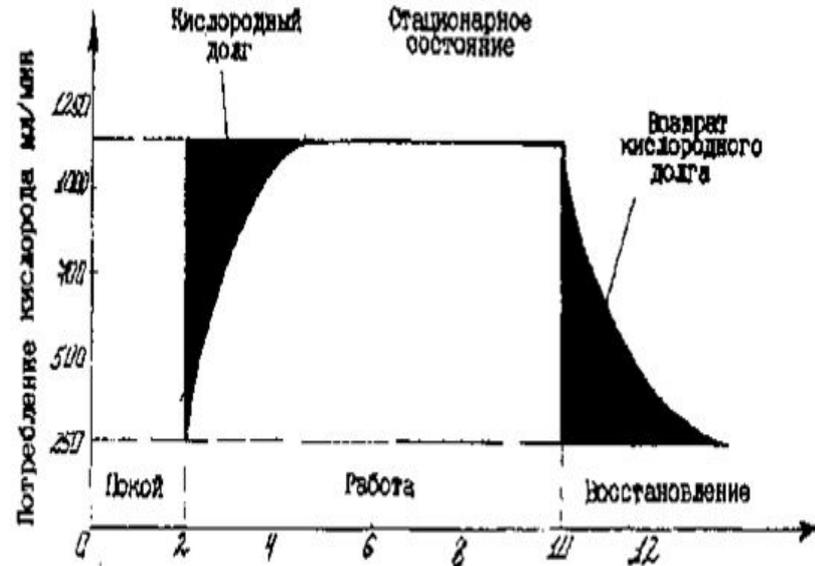
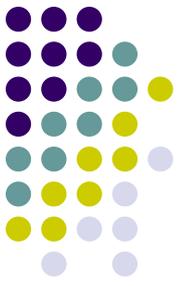
- **Резервный** – мобилизуется при максимальном сокращении сердца.
- **Остаточный** – остается при любых сокращениях сердца.
- **Сердечный выброс (СВ), или минутный объем крови (МОК)** – это количество крови, которое проходит через сердце за 1 мин.  $СВ = ЧСС \times УО$ .
  - в состоянии покоя СВ 4,5-5 л/мин.
  - макс. значения МОК 15-35 лет.
  - при работе СВ увеличивается у нетренированного человека до 15-20 л/мин
  - у спортсменов при нагрузке СВ может возрасти до 30-35 л/мин.
- ▪ с увеличением мощности работы МОК возрастает прямо пропорционально.

# Мышечный кровоток



- 20-40 мл в мин\кг веса в покое ;при физической нагрузке увеличивается до 1,3 л (до 1,8 л\мин\кг у тренированных на выносливость). Кровоток усиливается постепенно, в течение 20-30 секунд. Этого времени достаточно для выполнения лёгкой работы. При тяжёлой работе потребность в кислороде не может быть удовлетворена, поэтому возрастает доля энергии, получаемой за счёт анаэробного метаболизма.

# Потребление кислорода при динамической работе



- Постепенное увеличение рабочей нагрузки вызывает увеличение потребления АТФ, а, следовательно, потребление кислорода также увеличивается до тех пор, пока не будет покрывать потребности в кислороде для необходимого синтеза АТФ.
- Существует *предел рабочей нагрузки*, при котором дальнейшее увеличение потребности в кислороде не вызывает увеличения поглощения кислорода. Этот уровень соответствует **МПК**.

# Максимальное потребление кислорода (МПК)



- **Максимальное потребление кислорода (МПК)** – есть величина, характеризующая эффективность использования организмом  $O_2$  на клеточном уровне при повышенной нагрузке.
- МПК – это максимальное количество кислорода, доставляемое к мышцам за единицу времени с помощью системы транспорта кислорода (сердце, легкие, кровь).
- Это индивидуальная величина, зависящая от генетических задатков.
- Тренированная мышца использует сравнительно большее количество  $O_2$ , поступающего к ней с током крови.
- Нетренированная мышца работает неэффективно и оставляет большинство  $O_2$  неиспользованным.

# Максимальное потребление кислорода (МПК)



МПК численно выражается в количестве мл  $O_2$ , поступающего на единицу массы тела в 1 минуту (мл/кг/мин) или л/мин.

- МПК у нетренированных. 2-3 л/мин (40 мл/мин на кг),
- у тренированных МПК 4-5 л/мин (80-90 мл/мин на кг).

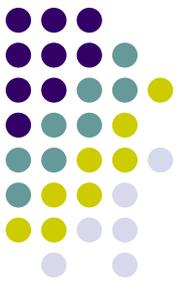
Наибольших величин МПК достигает к 15 годам и держится до 35 лет, а затем снижается. В процессе многолетней тренировки МПК увеличивается только на 30%.

# Потребление кислорода при статических нагрузках



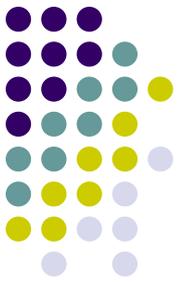
- Лишь при статических напряжениях, не превышающих 7-8% от максимальных, кровоснабжение мышц обеспечивает необходимый кислородный запрос.
- При 20%-ных статических усилиях кровоток через мышцы уменьшается в 5-6 раз
- При усилиях более 70% от максимальной произвольной силы – кровоток прекращается вовсе. Артериальное давление в мышцах может достигать 400-500 мм рт.ст. Но даже прекращение кровотока заметно не снижает работу мышц, т.к. в них имеются запасы кислорода и анаэробных источников энергии.

# ДЫХАНИЕ



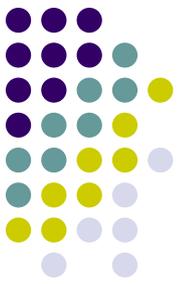
- Дыхательная система поддерживает оптимальный уровень кислорода и углекислого газа для обеспечения обмена веществ – газообмен между организмом и окружающей средой.

# Дыхание



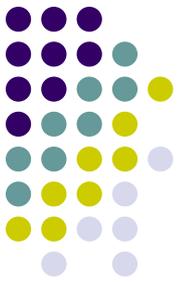
- **Общая емкость легких** – 4-6 л – кол-во воздуха, находящегося в легких после макс. вдоха. Состоит из дыхательного объема, резервного объема вдоха и выдоха и остаточного объема.
- **Дыхательный объем** – кол-во воздуха, проходящего через легкие при спокойном вдохе (выдохе) = 400-500 мл.
- **Резервный объем вдоха** (1,5-3 л) составляет воздух, который можно вдохнуть дополнительно после обычного вдоха. Резервный объем выдоха (1-1,5 л) объем воздуха, который еще можно выдохнуть после обычного выдоха.
- **Остаточный объем** (1-1,2 л) – кол-во воздуха, которое остается в легких после макс. выдоха и выходит только при пневмотораксе (прокол легких – спадение легких).

# Дыхание



- **ЖЕЛ** (жизненная емкость легких) – Сумма дых-го воздуха, резервных объемов вдоха и выдоха=3,5-5 л, у спортсменов может достигать 6 л и >.
- **Частота дыхания** – 10-14 дыхательных циклов в минуту.
- **МОД** (минутный объем дыхания) – это кол-во литров воздуха за 1 мин. (6-8 л).
- $МОД = \text{глубина дыхания} \times \text{частоту дыхания}$ . У нетренированных достигается за счет ЧД, у спортсменов за счет ГД.
- В состав дых-го воздуха входит **мертвое пространство** – объем 120-150 мл. Образовано воздухоносными путями (полости рта, носа, глотки, гортани, трахеи и бронхов), не участвующими в газообмене воздухом.

# Дыхание

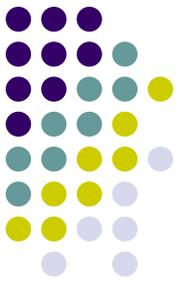


- Легочная вентиляция обеспечивается работой дыхат.мышц. Эта работа связана с преодолением эластического сопротивления легких и сопротивления дыхательному потоку воздуха (неэластическое сопротивление).
- При МОД = 6-8 л/мин на работу дыхательных мышц расходуется 5-10 мл/мин. При физ.нагрузках, когда МОД достигает 150-200 л/мин, для обеспечения работы дыхат. мышц требуется около 1 л кислорода.

## А) Физиология дыхания при динамической работе

- растет глубина дыхания (до 2-3 л)
- увеличивается частота дыхания (до 40-60 вдохов в минуту)
- МОД достигает 150-200 л/мин
- при дальнейшем повышении частоты дыхания, значительно возрастает потребление  $O_2$  дыхательными мышцами (до 1 л/мин), что делает нецелесообразным предельное напряжение внешнего дыхания.

# Дыхание

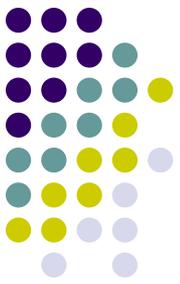


## Б) Физиология дыхания при статической работе

Изменения вегетативных функций демонстрирует феномен статических усилий (феномен Линдгарта-Верещагина):

- в момент выполнения работы уменьшаются ЖЕЛ, глубина и минутный объем дыхания, падает ЧСС и потребление кислорода
- после окончания работы наблюдается резкое повышение этих показателей. Этот эффект больше выражен у новичков. Это можно объяснить дополнительным стимулом дыхания – молочной кислотой (действует на дыхательный центр)

# *Кисотно-щелочное состояние*



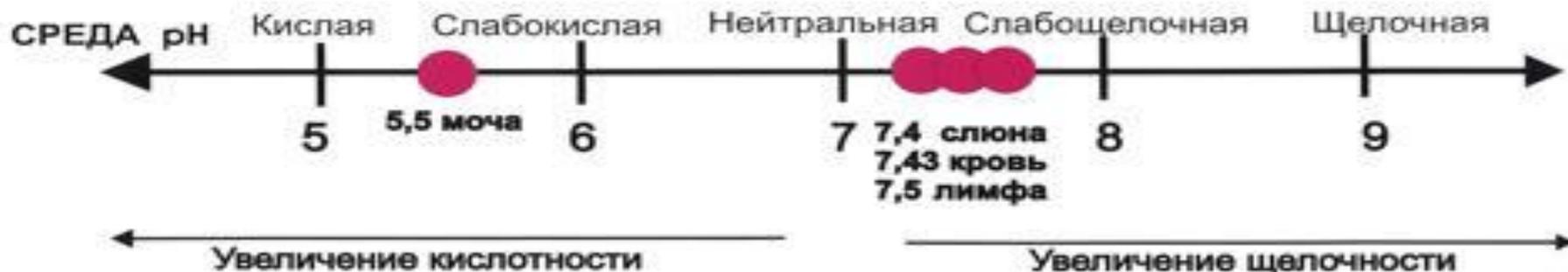
- ЭТО ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ПОСТОЯНСТВО КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДНЫХ ИОНОВ ВО ВНУТРЕННИХ СРЕДАХ ОРГАНИЗМА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОЛНОЦЕННОСТЬ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КЛЕТКАХ И ТКАНЯХ.

# Кисотно-щелочное состояние



## КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОЕ РАВНОВЕСИЕ

Известно, что рН биологических жидкостей организма колеблется в пределах от 7,0 до 7,5 (за исключением тех жидкостей, которые изначально имели кислую реакцию (желудочный сок и моча). Сдвиг кислотно-щелочного равновесия в сторону закисления может привести к развитию болезней.

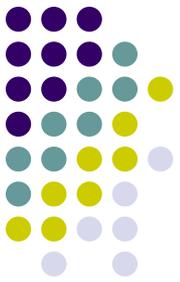


# *Кислотно-щелочное состояние*



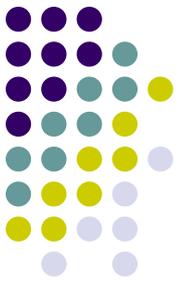
- при легкой динамической работе рН крови не меняется, при увеличении интенсивности – реакция среды смещается в кислую сторону

# Миогенный лейкоцитоз



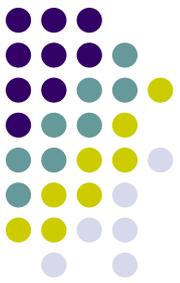
- 1. **Лимфоцитарная фаза** – увеличивается количество лимфоцитов, которые вымываются усиленным кровотоком из лимфоузлов. Возникает через 10 мин.
- 2. **Нейтрофильная фаза** – увеличивается количество нейтрофилов, появляются юные. Возникает через 1 час после тяжелой работы.
- 3. **2-я нейтрофильная фаза** – возникает при истощающей работе. Исчезают эозинофилы и базофилы. Восстановление требует от 2 суток до недели

# Форменные элементы крови



- При физических нагрузках в системе крови наблюдается:
- ■ увеличение количества форменных элементов (повышение гематокрита), в т.ч.:
  - выброс молодых эритроцитов из депо
  - миогенный лейкоцитоз
  - тромбоцитоз (увеличение тромбоцитов ~ в 2 раза)
  - потеря воды
  - повышение вязкости крови достигает 70%.

# Питательные вещества



- *Глюкоза крови*

В крови в норме содержится глюкоза в свободном виде. Излишки сахара запасаются в печени и скелетных мышцах в виде гликогена.

Если непосредственно перед тренировкой поел - уровень глюкозы практически не снижается, при более тяжелой работе снижается, что указывает на приближающееся истощение.

- *Жирные кислоты* - при длительной работе концентрация повышается в 4 и более раз (переносятся в кровь и сгорают - человек худеет)

Если накануне съел шоколадку - уровень жирных кислот не меняется - работает инсулин.

- **при накоплении молочной кислоты развивается лактат-ацидоз.**

В покое содержание молочной кислоты в крови 1,1 ммоль/л. При нагрузке 11-14 ммоль/л, при длительной и тяжелой работе увеличивается в 20-25 раз по сравнению с исходным.

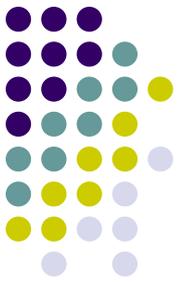
Молочная кислота разрушается в неработающих скелетных мышцах, жировой ткани, печени, почках, миокарде.

Повышение секреции гормона	Физиологический эффект
<p>Повышается выделение <b>адреналина</b> и <b>норадреналина</b> мозгового надпочечников.</p>	<p>Повышается возбудимость нервной системы, увеличивается частота и сила сердечных сокращений, увеличивается частота дыхания, расширяются бронхи, расширяются кровеносные сосуды мышц, головного мозга, сердца, сужаются кровеносные сосуды неработающих органов (кожи, почек, пищеварительного тракта и др.), увеличивается скорость распада веществ, освобождая энергию для мышечного сокращения.</p>
<p>Повышается выделение гормона роста (<b>соматотропного гормона</b>) гипофиза</p>	<p>Усиливается распад жиров в жировой ткани, облегчается их использование как источника энергии для мышечного сокращения. Облегчается усвоение клетками питательных веществ.</p>
<p>Повышается выделение гормона гипофиза, стимулирующего деятельность коркового вещества надпочечников (<b>адренокортикотропного гормона</b>).</p>	<p>Увеличивается выделение гормонов коркового вещества надпочечников.</p>

Повышение секреции гормона	Физиологический эффект
<p>Повышается выделение <b>глюкокортикоидов</b> и <b>минералокортикоидов</b> коркового вещества надпочечников.</p>	<p>Под влияние глюкокортикоидов увеличивается скорость образования углеводов в печени и выход углеводов из печени в кровяное русло. Из крови углеводы могут поступить в работающие мышцы, обеспечивая их энергией. Под влиянием минералокортикоидов происходит задержка воды и натрия в организме и увеличивается выделение калия из организма, что предохраняет организм от обезвоживания и поддерживает ионное равновесие внутренней среды.</p>
<p>Повышается выделение <b>вазопрессина</b> задней доли гипофиза.</p>	<p>Сужаются кровеносные сосуды (неработающих органов), обеспечивая дополнительный резерв крови для работающих мышц. Уменьшается выделение воды почками, что предотвращает организм от обезвоживания.</p>
<p>Повышается выделение <b>глюкагона</b> внутрисекреторных клеток поджелудочной железы.</p>	<p>Облегчается распад углеводов и жиров в клетках, выход углеводов и жиров из мест их хранения в кровь, откуда они могут быть использованы мышечными клетками в качестве источника энергии.</p>

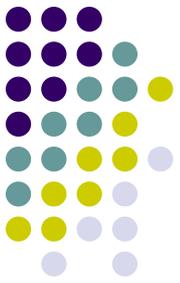
Понижение секреции гормона	Физиологический эффект
<p>Снижается выделение <b>гонадотропного гормона</b> гипофиза (гормона регулирующего деятельность половых желез).</p>	<p>Уменьшается активность половых желез.</p>
<p>Снижается выделение <b>половых гормонов</b> половых желез (при силовой нагрузке содержание тестостерона может повышаться, особенно в восстановительный период).</p>	<p>Уменьшается специфическое действие половых гормонов.</p>
<p>Снижается выделение <b>аналогов половых гормонов</b> коркового вещества надпочечников.</p>	<p>Уменьшается специфическое действие половых гормонов.</p>
<p>Снижается выделение <b>инсулина</b> в-клеток поджелудочной железы.</p>	<p>Блокируется отложение углеводов в запас, что облегчает их использование в качестве источника энергии для мышечного сокращения.</p>

# Скелетные мышцы



- **Скелетные мышцы** человека содержат около 300 млн. мышечных волокон и имеют площадь порядка 3 кв.м. Мышцы иннервируются:
  - двигательными нервами, передающими из центров моторные команды;
  - чувствительными нервами, несущими в центры информацию о напряжении и движении мышц;
  - симпатическими нервными волокнами, влияющими на обменные процессы в мышце.
- **Функции скелетных мышц:**
  - перемещение частей тела друг относительно друга,
  - перемещении тела в пространстве,
  - поддержании позы тела.

# Скелетные мышцы



**Мышечное волокно** - это вытянутая клетка. Состав волокна:

- оболочка - сарколемма;
- жидкое содержимое - саркоплазма;
- энергетические центры - митохондрии;
- белковое депо - рибосомы;
- сократительные элементы - *миофибриллы*,
- Эндоплазматический ретикулум – депо кальция
- **Включения**
  - Гранулы гликогена
  - Миоглобин – железосодержащий белок, акцептирующий кислород

**Миофибриллы** - тонкие волокна, содержащие 2 вида сократительных белков:

1. Тонкие нити(актин, тропомиозин, тропонин);
2. Толстые нити миозина (миозин составлен из уложенных параллельно белковых нитей).

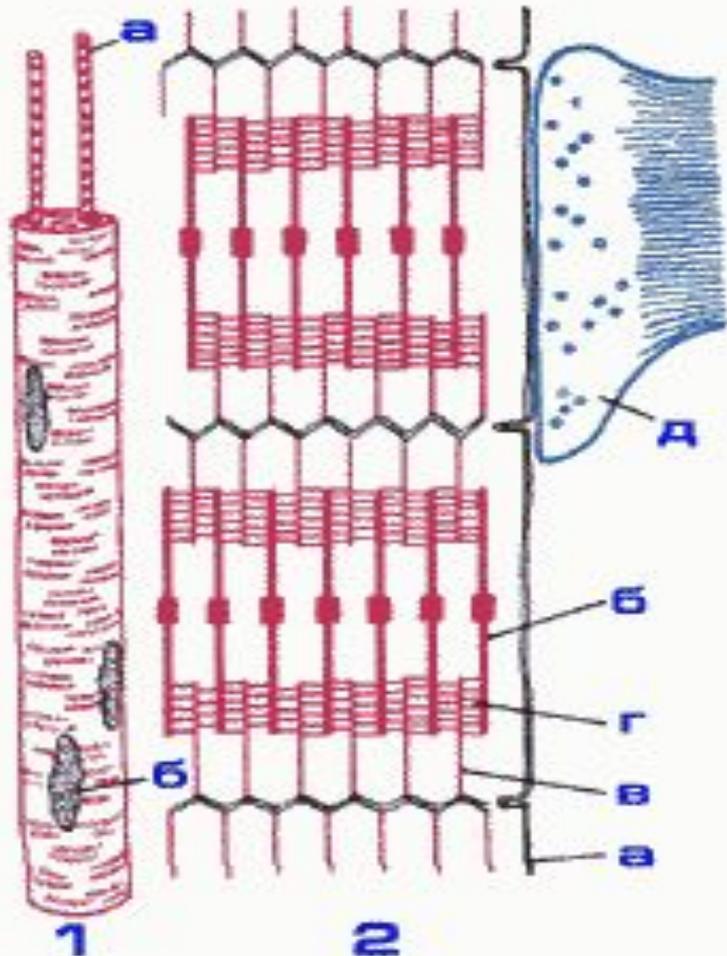
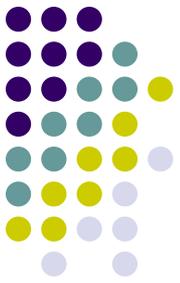
Миофибриллы разделены Z-пластинками на отдельные участки **-саркомеры**.

**Саркомер** - *основная сократительная единица поперечно-полосатой мускулатуры*.

- **Z-пластинки** служат местом прикрепления актиновых нитей, а между Z-пластинками свободно располагаются нити миозина

# Физиология мышц. Теория

## СКОЛЬЗЯЩИХ НИТЕЙ



- **Строение скелетных мышц**

1 - Схема строения мышечного волокна:

а - миофибрилла

б - ядро

2 - Схема строения миофибриллы:

а - оболочка

б - миозин

в - актин

г - мостик между ними

д - нервное волокно

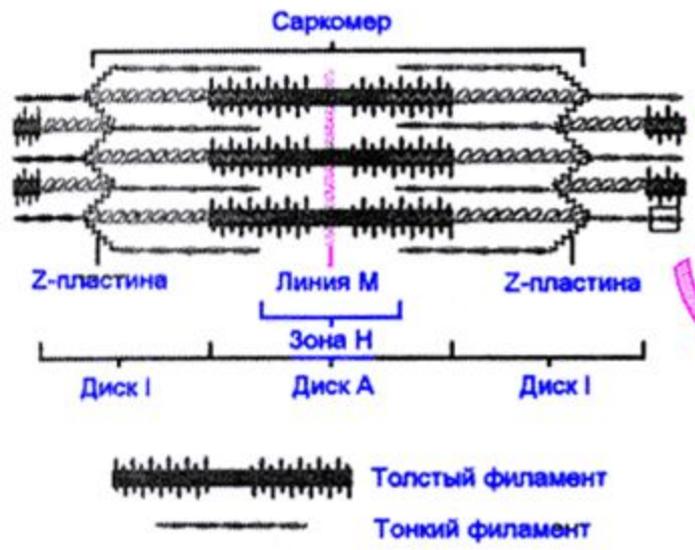
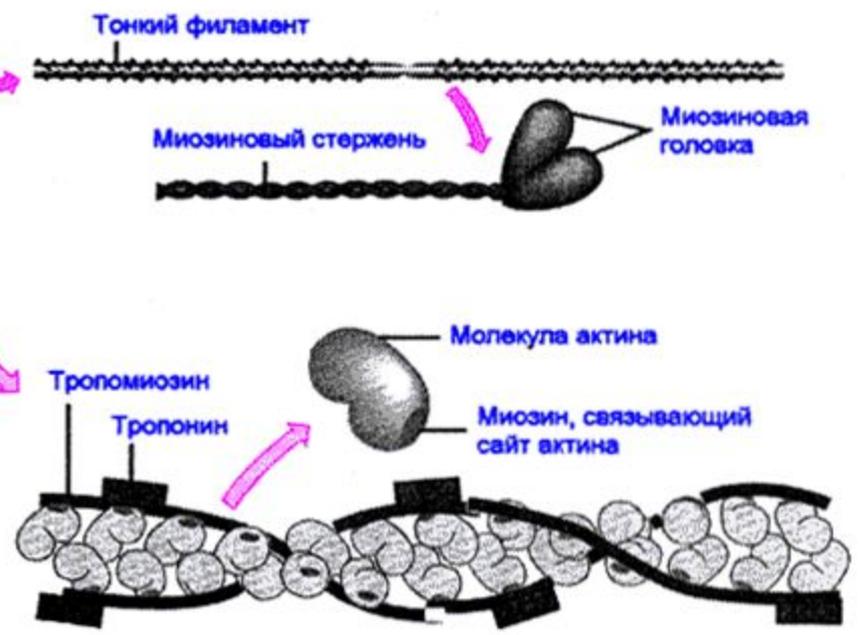
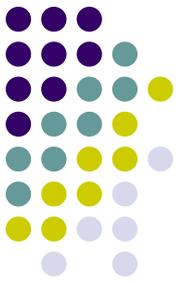
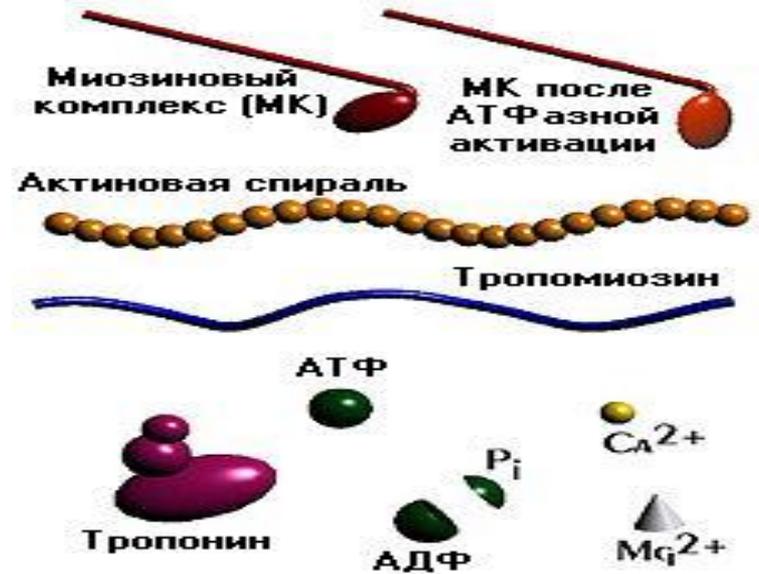
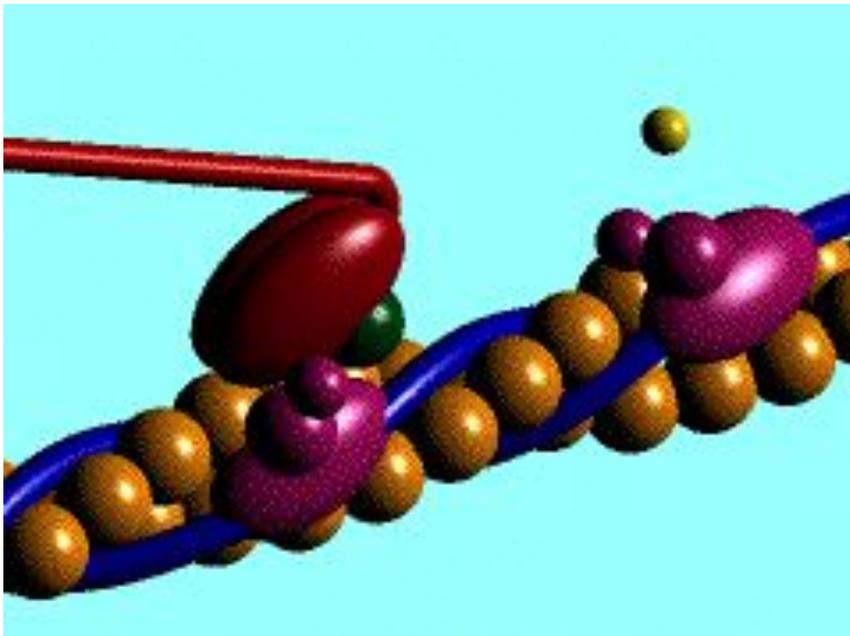


Схема строения саркомера





Схема, демонстрирующая молекулярные механизмы мышечного сокращения с точки зрения теории "скользящих нитей": показан контакт головки миозина с актином (образование "поперечного мостика") и "гребок", продвигающий актиновую нить к середине саркомера

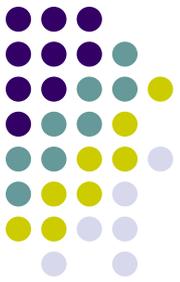


Миозиновые нити несут множество таких «головок» . Как видно из рисунка, в данной реакции кроме актина и миозина принимают участие ещё несколько компонентов. В первую очередь это *тропомиозиновые нити*, лежащие в желобках, образованных спирально скрученной парой актиновых нитей. Считается, что в состоянии покоя тропомиозин расположен так, что препятствует контакту головки миозина с актином. Для того, чтобы в случае необходимости "открыть доступ", существует так называемый "кальциевый переключатель": через регулярные промежутки актиновые нити несут на себе молекулы *тропонина*. При связывании с  $Ca(2+)$  они деформируются таким образом, что смещают тропомиозиновую нить вглубь желобка между актиновыми мономерами, в результате чего контакт миозина с актином становится возможным.

Как известно, активация миоцита начинается с деполяризации его мембраны. В результате этого из цистерн эндоплазматического ретикулума в области Z-пластин в саркоплазму начинают выходить ионы  $Ca(2+)$ . Они, в свою очередь, взаимодействуют с тропонином, который смещает тропомиозин вглубь актиновой спирали. Благодаря этому образуется актомиозиновый комплекс, который иногда называют "поперечным мостиком".

Донором энергии для перемещения этого мостика (и, соответственно, самого сокращения) является АТФ, которая расщепляется в присутствии ионов  $Mg(2+)$  (см. схему). Предполагается, что АТФ расщепляется миозином уже после гребка, давая таким образом энергию для разделения актомиозинового комплекса. В пользу этой точки зрения говорит существование так называемого трупного окоченения (*rigor mortis*): после смерти организма содержание АТФ в клетках резко снижается, и поперечные мостики долгое время остаются прикрепленными к актиновой нити - до тех пор, пока не произойдет автолизис.

# Структурно -функциональной единицей мышцы

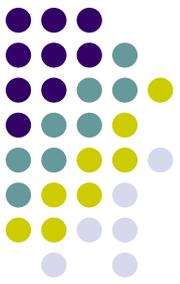


является **двигательная единица (ДЕ)**.

**ДЕ** состоит из:

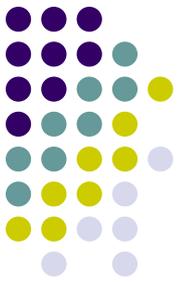
- мотонейрона спинного мозга
- аксона (двигательного нерва) с многочисленными окончаниями
- иннервируемых аксоном мышечных волокон.

# Биоэнергетика физических упражнений



- Сокращение мышцы обеспечивается энергией, которая выделяется при расщеплении АДЕНОЗИНТРИФОСФАТА (АТФ). **АТФ** - универсальный аккумулятор энергии в живых организмах и субстрат для биосинтеза нуклеиновых кислот.
- Во время физической работы потребление энергии может увеличиваться с 1,2 ккал/мин до 18-30 ккал/мин, т.е. в 25 раз.
- Для ресинтеза АТФ в организме происходят энергетические процессы, в которых участвуют различные энергетические субстраты.

# Биоэнергетика физических упражнений

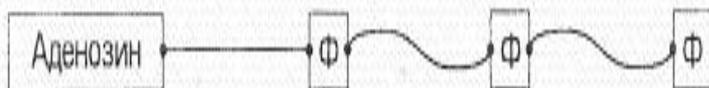


- **А). Фосфагенная система - использование креатинфосфата (КрФ)**
  - 1.Имеющихся молекул АТФ хватает на 1-2 сокращения  
Подсчитано, что если бы в организме содержалось количество АТФ, достаточное для использования в течение 1 дня, то вес человека, даже при сидячем образе жизни, был бы на 75% больше.
  - 2.Система КФ используется для кратковременной интенсивной работы. Из 1 молекулы КФ -образуется 1 молекула АТФ.  
Но запасы КФ в клетке невелики, их хватает менее, чем на 6 секунд интенсивной физической нагрузки.

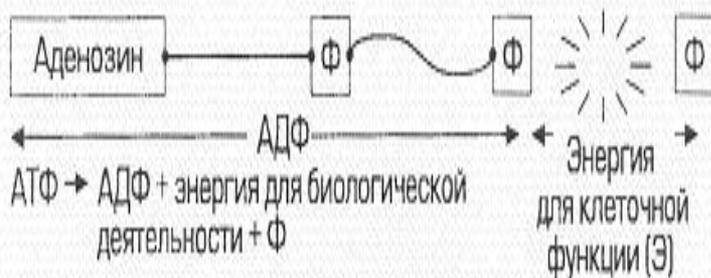
# Биоэнергетика физических упражнений



а. Аденозинтрифосфат (АТФ)

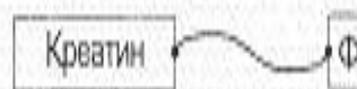


б. Расщепление АТФ

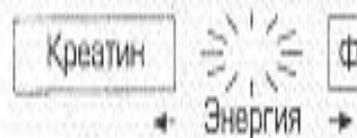


Примечание -  $\text{---}\cdot\text{---}$  = Низкая энергетическая связь;  
 $\text{~}$  = Высокая энергетическая связь;  
 $\Phi$  = Фосфатная группа;  
 АДФ = аденозиндифосфат

а. Креатинфосфат (КФ)



б. КФ Креатин + энергия для АТФ + Ф

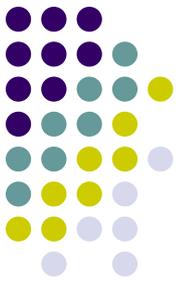


в. АДФ + энергия из КФ + Ф → АТФ



Примечание -  $\text{~}$  = Высокая энергетическая связь;  
 $\text{---}\cdot\text{---}$  = Низкая энергетическая связь;  
 $\Phi$  = Фосфатная группа

# Биоэнергетика физических упражнений

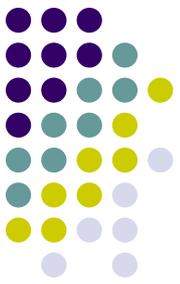


**Анаэробный гликолиз** – расщепление глюкозы или гликогена, не требующее кислорода.

1) Глюкоза = 2АТФ + 2МК + тепло

2) Гликоген = 3АТФ + 2МК + тепло

# Биоэнергетика физических упражнений

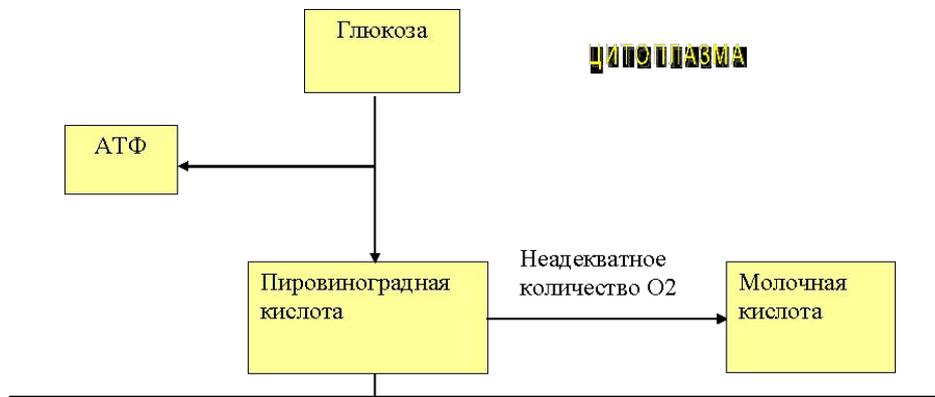


**Аэробный гликолиз** - процесс обеспечения энергией за счет окисления и жиров с использованием кислорода

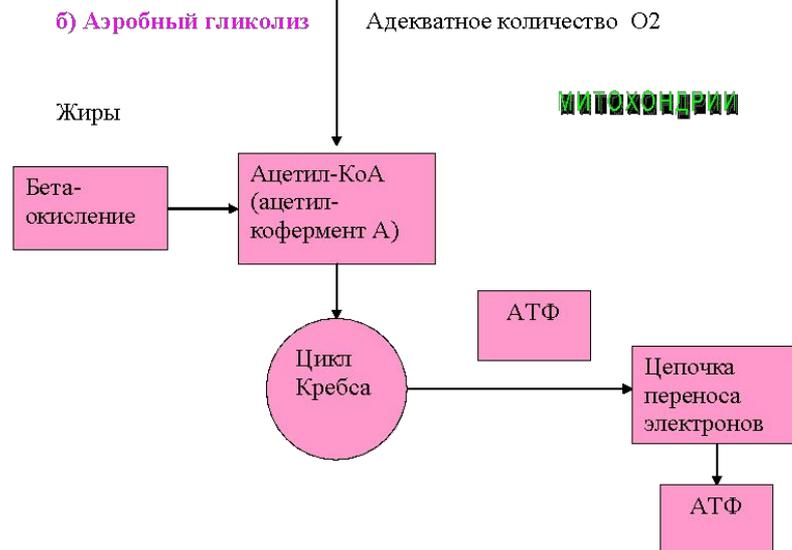
- 1) Глюкоза + O<sub>2</sub> = 38АТФ+СO<sub>2</sub>+Н<sub>2</sub>O+тепло  
(если исходный субстрат гликоген - 39 АТФ)
- 2) Жирная кислота+O<sub>2</sub>=129АТФ+СO<sub>2</sub>+Н<sub>2</sub>O+тепло

# Образование АТФ путем анаэробного/аэробного гликолиза и бета-окисления

## а) Анаэробный гликолиз



## б) Аэробный гликолиз



# Сравнительная характеристика анаэробной и аэробной систем производства АТФ

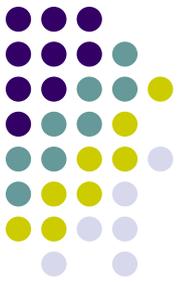
Анаэробная система	Интенсивность производства АТФ	Субстрат(ы)	Производительность системы	Основные ограничения	Основное применение
Фосфагены (запасы АТФ и КФ)	Очень высокая	Креатин-фосфат (КФ)	Очень ограниченное производство АТФ	Ограниченное снабжение КФ	Кратковременные виды активности очень высокой интенсивности. Преобладает во время видов активности продолжительностью 1-10 с
Анаэробный гликолиз	Высокая интенсивность метаболизма	Глюкоза крови Гликоген	Ограниченное производство АТФ	Накопление молочной кислоты вызывает быстрое утомление	Кратковременные виды активности высокой интенсивности. Преобладает во время видов активности продолжительностью 1-3 мин
Аэробная система	Интенсивность производства АТФ	Субстрат(ы)	Производительность системы	Основные ограничения	Основное применение
Аэробный гликолиз	Невысокая интенсивность метаболизма	Глюкоза крови Гликоген	Неограниченное производство АТФ	Относительно невысокая скорость доставки кислорода к клетке. Накопление гликогена	Аэробные виды умеренной интенсивности. Преобладает во время видов активности продолжительностью более 3 мин
Окисление жирных кислот	Невысокая интенсивность метаболизма	Жирные кислоты	Неограниченное производство АТФ	Относительно невысокая скорость доставки кислорода к клетке. Требуется большое количество кислорода	Аэробные виды низкой интенсивности. Преобладает после примерно 20 мин непрерывной активности

# Мышцы и метаболизм



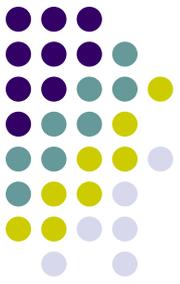
- Наши мышцы состоят из нескольких видов волокон, отличающихся друг от друга способностью использовать описанные выше метаболические пути.
- БС- волокна (белые) – более толстые, работают, в основном, за счет анаэробного метаболизма. Задействованы, преимущественно, для выполнения быстрых и «взрывных» движений (прыжки, метания, спринт).
- МС-волокна (красные) – небольшого диаметра, с высоким содержанием митохондрий, белка-миоглобина и уровнем кровоснабжения. Работают при продолжительных нагрузках средней интенсивности (ходьба, бег трусцой, плавание).
- Промежуточные (переходные) волокна.

# Принцип FITT



- **Frequency** - частота занятий
- **Intensity** – **Интенсивность**
- **Time** - **Время тренировки**
- **Type** - **Тип упражнений.**

# Частота занятий



- Для неподготовленных, после большого перерыва, для особых слоев населения, в фазе поддержания достигнутых результатов – 2-3 раза в неделю.
- Для достижения назначенных целей – 3-4 раза в неделю.
- Аэробные нагрузки низкой и средней интенсивности (плавание, кардиотренажеры) – можно практически ежедневно.
- Силовые нагрузки на определенную группу мышц – не чаще, чем через 48 часов (время, необходимое для восстановления мышечной ткани)
- В фазе подготовки к соревнованиям, при использовании принципа так называемой раздельной тренировки (проработка рельефа, сепарация мышечных волокон) – возможны ежедневные тренировки (циклом)

## Интенсивность аэробного тренинга

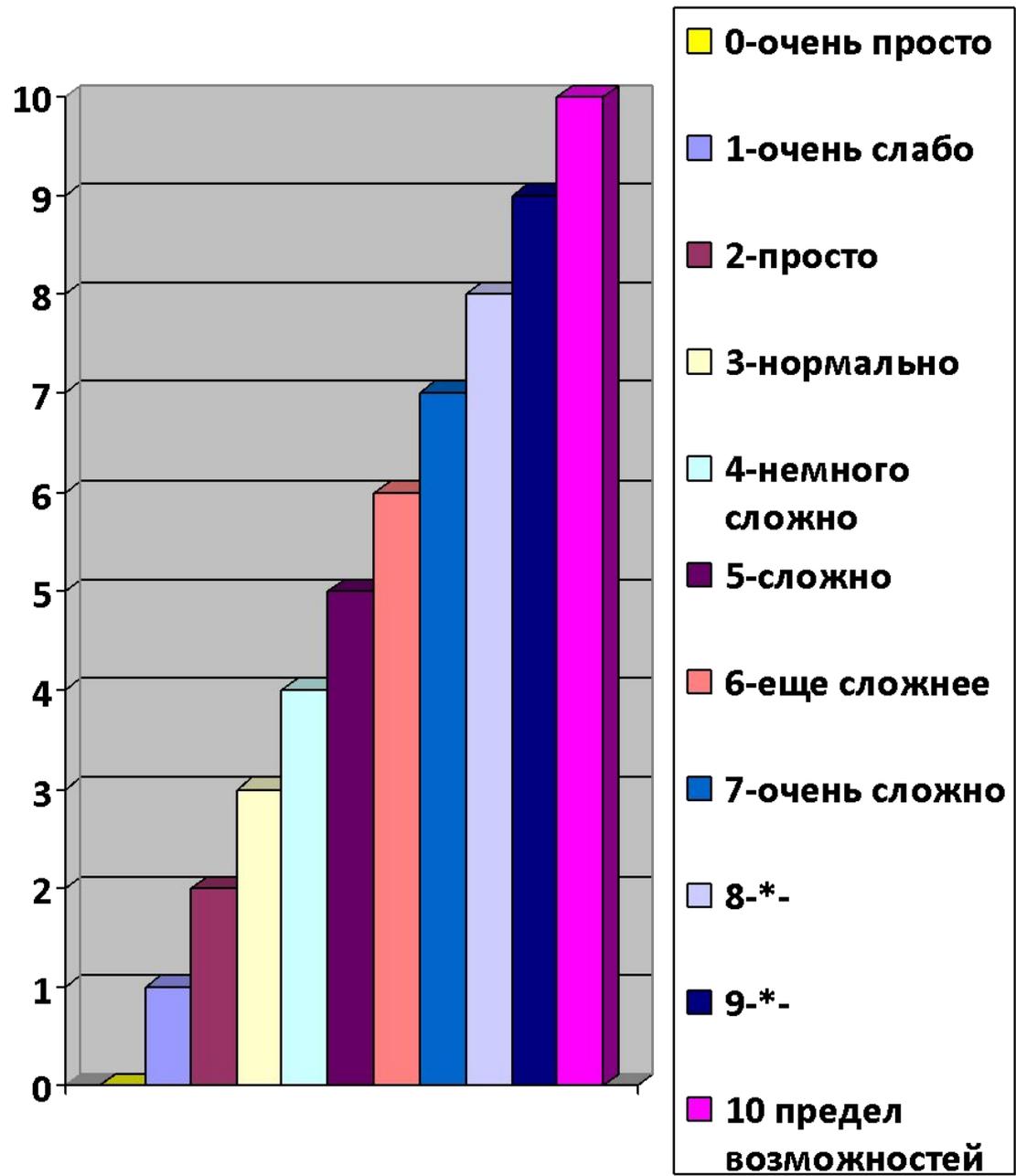
- Используются **формула Карвонена**: Допустимы следующие границы ЧСС для аэробного тренинга:

$$\text{ЧСС}_{\text{мин.}} = (220 - \text{возраст} - \text{пульс покоя}) \times 60\% \text{ от макс. нагрузки} / 100\% + \text{пульс покоя.}$$

$$\text{ЧСС}_{\text{макс.}} = (220 - \text{возраст} - \text{пульс покоя}) \times 85\% \text{ от макс. нагрузки} / 100\% + \text{пульс покоя.}$$

- У пожилых людей, клиентов, страдающих хроническими заболеваниями, в случае постоянного приема медикаментов, влияющих на пульс, у беременных, детей используется **шкала Борга** (*шкала Прилагаемых Усилий*). Это оценка человека степени тяжести переносимой нагрузки:

# Новая шкала Борга (10 ступеней)

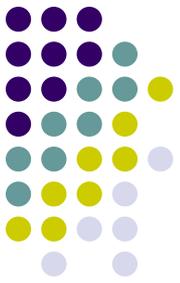


# Интенсивность силового тренинга



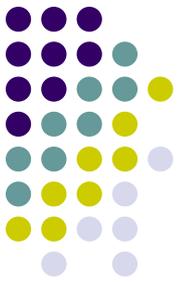
- Используется **принцип единого повторного максимума (ЕПМ)**: вес отягощения, с которым можно выполнить упражнение всего в одном повторении.
- Раньше ставили максимальный вес, высчитывали % от мах.
- Сейчас – начинают с малого веса, подбор происходит опытным путем.
- В фитнесе используем, в основном, 50-85% от ЕПМ. У особых слоев населения, в состоянии детренированности – не более 50-60 % от ЕПМ, а иногда и не более 30% (беременные со 2-го триместра). % от ЕПМ увеличиваем постепенно.

# Время тренировки



- Для неподготовленных, после большого перерыва, особым слоям населения – время разминки и заминки удлиняется, продолжительность основной части тренировки укорачивается.
- В целом, продолжительность тренировки увеличивается постепенно, но общее время – не более 1,5 часов.
- Силовой тренинг не более часа.

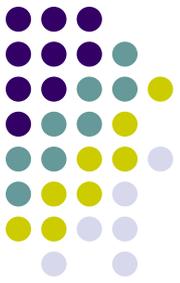
# Тип упражнений



**Аэробный тренинг** -это вид физической нагрузки, при которой работа происходит в условиях нормального поступления в работающие мышцы кислорода (бег на длинные дистанции, ходьба, велотренажер и т.д.). Основные характеристики аэробики - это низкая/умеренная интенсивность работы (ниже анаэробного порога) и относительно высокая ее продолжительность.

*Цель аэробной тренировки:*

- тренинг сердечнососудистой системы, т.е. развитие аэробной выносливости, нормализация АД, холестерина, сахара крови, уменьшение степени выраженности ССЗ, снижение риска осложнений ССЗ
- снижение веса за счет жировой ткани
- повышение общей работоспособности, иммунитета, антистресс



**Анаэробный (силовой) тренинг** - вид физической нагрузки, при которой работа происходит в условиях ограниченного или отсутствующего поступления кислорода в работающие мышцы (спринт, тяжелая атлетика, бодибилдинг, пауэрлифтинг и т.д.).

Основные характеристики анаэробной тренировки - это высокая интенсивность работы (выше анаэробного порога) и относительно низкая ее продолжительность.

*Цель силовой работы:*

- мышечный тонус, повышение мышечной силы, выносливости и размеров мышц, развитие и поддержание правильной осанки, спортивная форма, профилактика развития остеопороза у пожилых людей.

# Тип упражнений



**Упражнения на растягивание** – вид физических упражнений, направленных на развитие гибкости.

*Цель:*

- подготовка к тренировке (растяжка включена в разминку), снижение риска травматизации во время тренировки, повышение эффективности тренировок, растяжение мышечных волокон после силовой работы (растяжка включена в заминку), повышение амплитуды движений в суставах, профилактика тугоподвижности позвоночника и суставов.

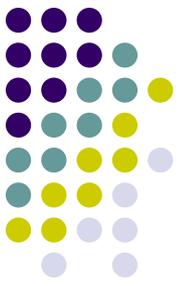
# Физиологический эффект тренировки и его обратимость



В результате регулярных физических нагрузок в скелетной мышце происходят следующие изменения:

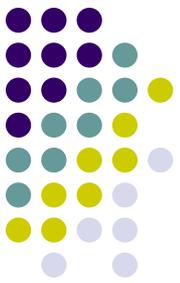
- *увеличение количества митохондрий*
- *увеличение концентрации гемоглобина*
- *ангиогенез (образование новых кровеносных сосудов)*
- *повышенное расщепление жиров*
- В целом, растет работоспособность, показатели силы и выносливости мышц, улучшается гибкость, осанка.
- Правильно построенная программа тренировок приводит к нормализации здоровья: стабилизируется АД, снижается вес, уменьшается риск сердечно-сосудистых заболеваний и их грозных осложнений, а значит, повышается качество жизни человека.
- Однако эти эффекты обратимы в случае отказа от тренировок или при несистематичности занятий.

# Терморегуляция



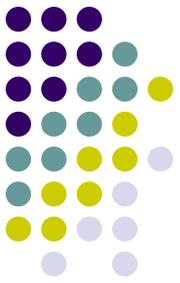
- Способность человека сохранять постоянную температуру обусловлена сложными биологическими и физико-химическими процессами терморегуляции. В отличие от холоднокровных животных, температура тела теплокровных животных при колебаниях температуры внешней среды поддерживается на определенном уровне, наиболее выгодном для жизнедеятельности организма.
- Величина **теплообразования** зависит от интенсивности химических реакций, характеризующих уровень обмена веществ.

# Теплообразование



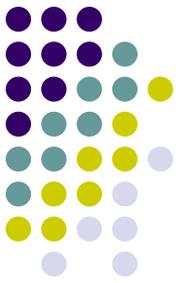
- Суммарное теплообразование состоит из первичного тепла (химические реакции - окисление, гликолиз) и вторичного тепла (расходование АТФ на выполнение работы). Наиболее интенсивное теплообразование в организме происходит в мышцах при их сокращении. При продолжительном охлаждении возникают непроизвольные периодические сокращения скелетной мускулатуры (холодовая дрожь). Активация в условиях холода симпатической нервной системы стимулирует липолиз в жировой ткани.

# Теплообразование



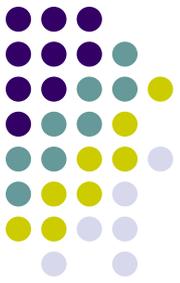
- Повышение теплопродукции связано с *усилением функций надпочечников и щитовидной железы*. Гормоны этих желез, усиливая обмен веществ, вызывают повышенное теплообразование.
- Теплопродукция=теплоотдаче. При повышении температуры внутренних органов до 37 включается гипоталамус на снижение температуры тела (терморегуляторный центр).
- Теплоотдача регулируется преимущественно физическими процессами (теплоизлучение, теплопроводение, испарение). Излучением теряется 50-55% тепла в окружающую среду путем лучеиспускания за счет инфракрасной части спектра.

# Теплоотдача



- Теплопроводение может происходить:
  - ■ путем *кондукции* (при непосредственном контакте участков тела человека с другими физическими средами) и
  - ■ путем *конвекции* (путем переноса тепла движущимися частицами воздуха).
- Теплоотдача путем испарения - это способ рассеивания организмом тепла (около 30%) в окружающую среду за счет его затраты на испарение пота или влаги с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей.
- **Повышенное теплообразование при мышечной работе приводит к изменению существующих механизмов теплоотдачи.** Образовавшееся тепло передается в кровь, переносится по организму, повышая его температуру до 39-40 градусов и выше (*рабочая гиперемия* )

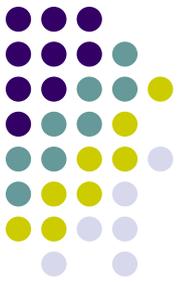
# Предупреждение перегрева организма



осуществляется 3-мя физиологическими процессами:

- 1) усиление кожного кровотока, что увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желез водой;
- 2) усиленное потообразование и его испарение;
- 3) в условиях повышенной температуры окружающей среды уменьшаются скорость потребления кислорода и энергетические расходы, что приводит к снижению теплопродукции.

# Вода. Порог жажды. Питьевой режим.

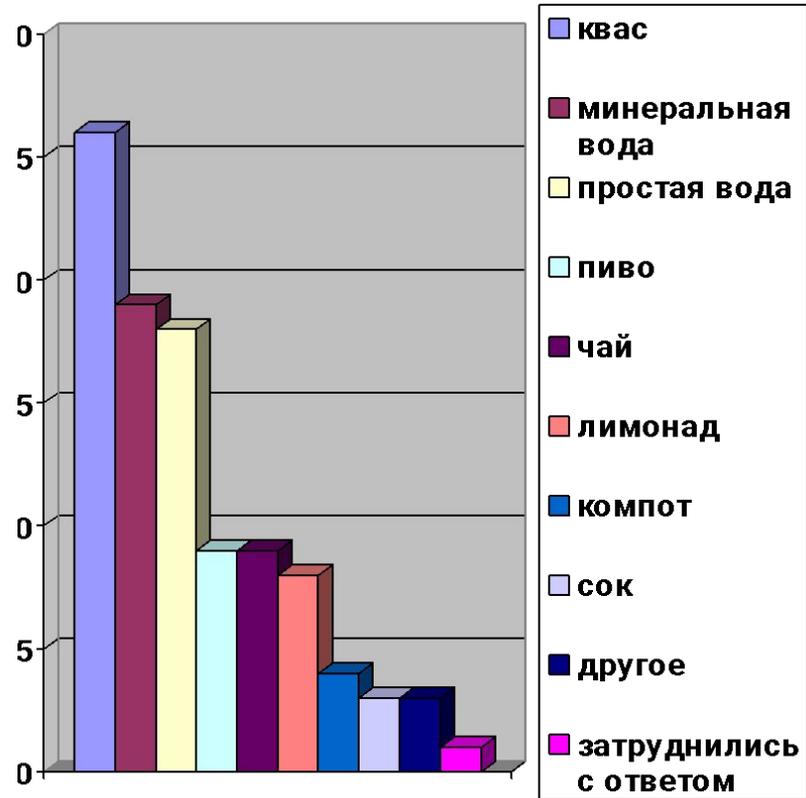


- Норма потери жидкости - 1 л/час (соли, вода, молочная кислота - 2 г/л).
- Жажда - поздний показатель обезвоживания.
- Ежедневная потеря воды составляет 2,5 л.
- 1 л поступает с овощами, фруктами
- 80-95% воды в молочных продуктах.
- Алкоголь обезвоживает.
- Чем выше калорийность продуктов, тем меньше в нем воды.
- Рекомендуется выпивать ежедневно 0,5 стакана воды до завтрака. В течение дня пить не менее 1,5-2 л воды (стакан за 2 часа). За 30 мин тренировки - помимо этого +еще не менее 20 мл воды

# Что пьют в жару?

По данным ROMIR Monitoring.

*Квас и минеральная вода самые популярные напитки в жару у россиян.*

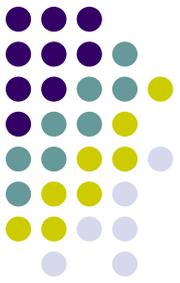


# Утомление, восстановление .



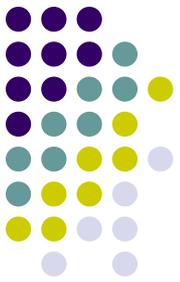
- **Утомление** - функциональное состояние организма, вызванное умственной и физической работой, при котором могут наблюдаться временное снижение работоспособности, изменение функций организма и появление субъективного ощущения усталости.
- Т.е. утомление – это неспособность выполнять физическую работу заданной интенсивности.
- Выделяют 2 вида утомления: физическое и умственное

# Стадии утомления



- **Предутомление** или **скрытое утомление** – наличие при работе существенных функциональных изменений со стороны некоторых органов и систем, но компенсированных другими функциями, вследствие чего работоспособность человека сохраняется на прежнем уровне. Развитие скрытого утомления обусловлено изменениями координации двигательных и вегетативных функций без снижения эффективности работы.
- **Хроническое утомление** – пограничное функциональное состояние организма, которое характеризуется сохранением к началу очередного трудового цикла субъективных и объективных признаков утомления от предыдущей работы, для ликвидации которых необходим дополнительных отдых. При хрон. утомлении необходимый уровень спорт. работоспособности может поддерживаться лишь кратковременно за счет повышения биологической цены и быстрого расходования функциональных резервов организма.
- **Переутомление** – патологическое состояние организма, которое характеризуется постоянным ощущением усталости, вялостью, нарушением аппетита, болями в области сердца и др. частей тела. Главным объективным критерием переутомления является резкое снижение спорт. результатов и повышение грубых ошибок при выполнении упражнений.
- **Перенапряжение** – резкое снижение функц. состояния, вызванное нарушением нервной и гуморальной регуляции, нарушение гомеостаза при чрезмерных и форсированных нагрузках.

# Утомление



- Физическое утомление развивается вследствие изменений в скелетной мускулатуре, связано с образованием лактата.
- **Синдром «хромой лошади»** - боль в мышцах , не связанная с лактатом , - микротравмы Зет – пластинок .

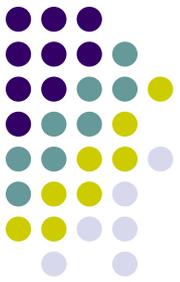
Далее – «Синдром перегрузки» - когда в течение длительного времени усталость не полностью компенсируется восстановлением – хроническое нарушение, или когда превышен мах предел кратковременных нагрузок – работа под действием стимуляторов. – на легкой нагрузке возникает серьезная травма. Ведет к истощению, длительное расстройство компенсаторных систем.

## Степень усталости

### Признак

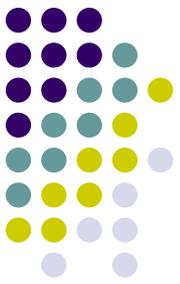
	Малая	Средняя	Большая
Цвет кожи	Покраснение	Значительное покраснение	Побагровение, синюшность губ, бледность
Потение	Небольшое	Значительное, выше пояса	Значительное, ниже пояса
Дыхание	Учащенное ритмичное	Очень быстрое, иногда ртом	Очень быстрое, неритмичное, ртом
Движения	Правильные	Небольшие нарушения	Некоординированные
Ощущения	Ничего не беспокоит	Усталость, боль в ногах, одышка, тахикардия	Усталость, головная боль, тошнота, головокружение

# Восстановление



- **Восстановление** - совокупность физиологических, биохимических и структурных изменений, которые обеспечивают переход организма от рабочего уровня к исходному (дорбочему) состоянию. Чем больше энергетические траты во время работы, тем интенсивнее процессы их восстановления

# Восстановление



**Восстановление** – процесс, начинающийся когда работа прерывается , снижается по напряженности или изменяется по характеру.

Соответственно, снижается утомление и повышается работоспособность. Когда эти процессы вернуться к норме – закончится процесс восстановления.

Утомление = восстановление – процессы переходящие друг в друга .

Пик восстановления в начале отдыха , лучше много мелких перерывов.