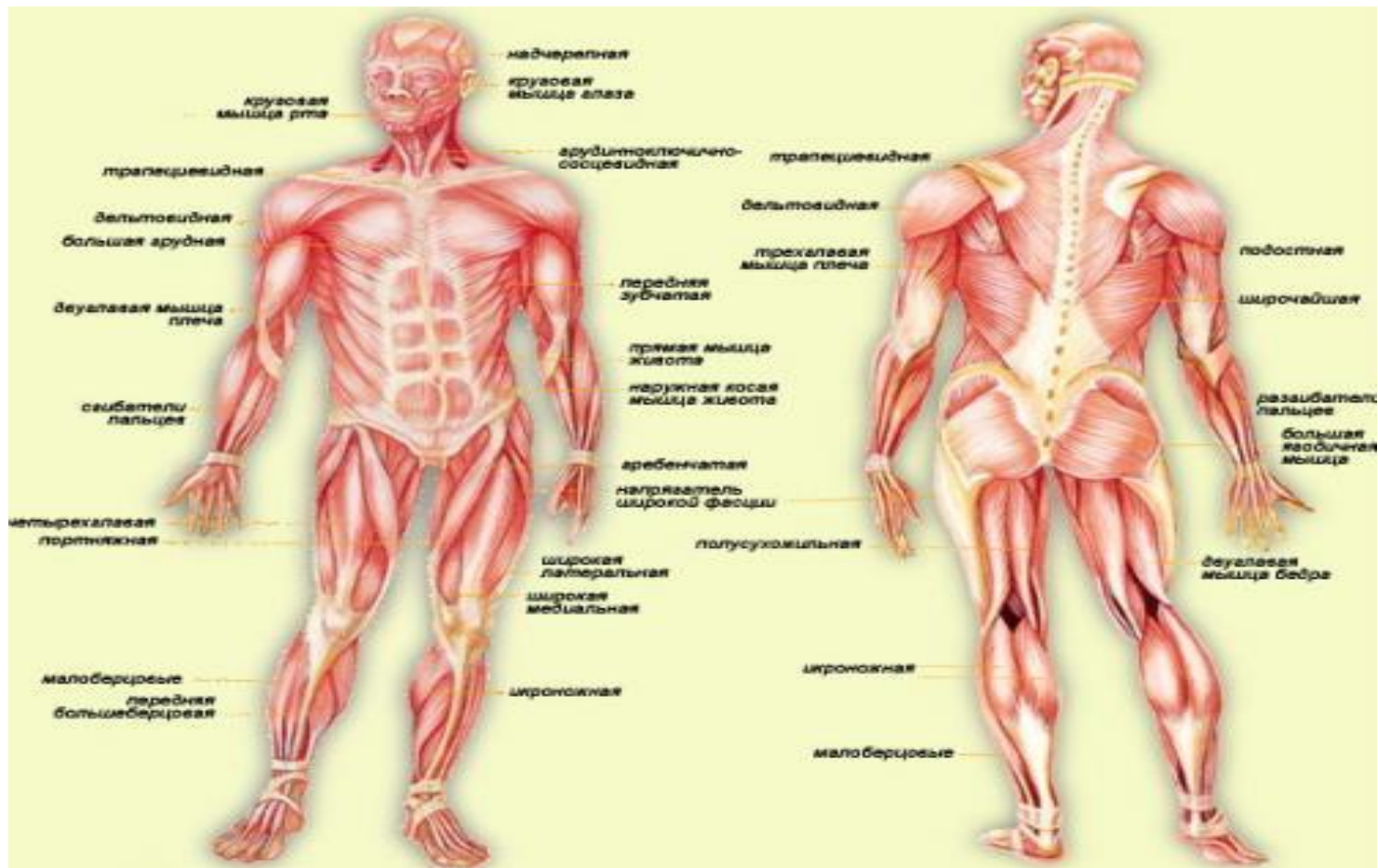


# ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

## МОДУЛЬ III

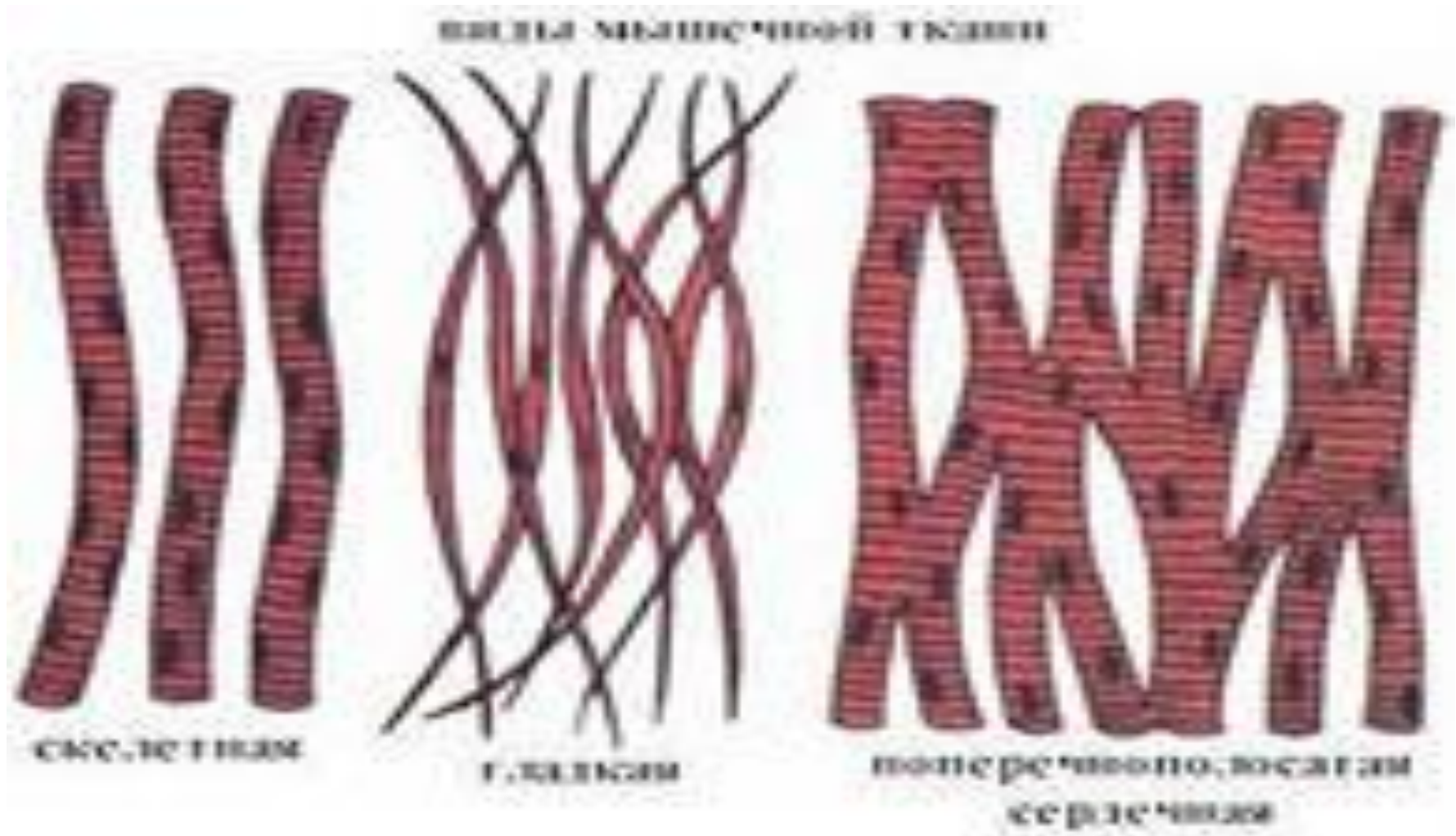
### Лекция 1

## Физиология нервно-мышечного аппарата



## 1.1. Функциональная организация скелетных мышц

В организме человека - три вида мышц: гладкие, скелетные (поперечнополосатые) и сердечная мышца. Функция всех видов мышц – двигательная



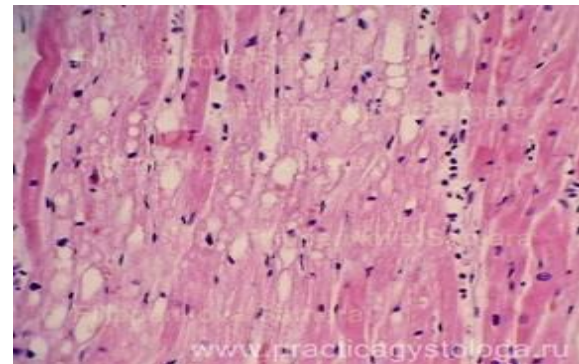
## **Гладкие мышцы - одноядерные клетки**

**непроизвольные, не контролируются сознанием:**

- образуют стенки кровеносных сосудов, обеспечивая их сужение и расширение, регулируя кровоток ;
- образуют стенки внутренних органов: осуществляют перемещение пищи по желудочно-кишечному тракту, выделение мочи, участвуют в родовой деятельности.



Гладкие мышцы



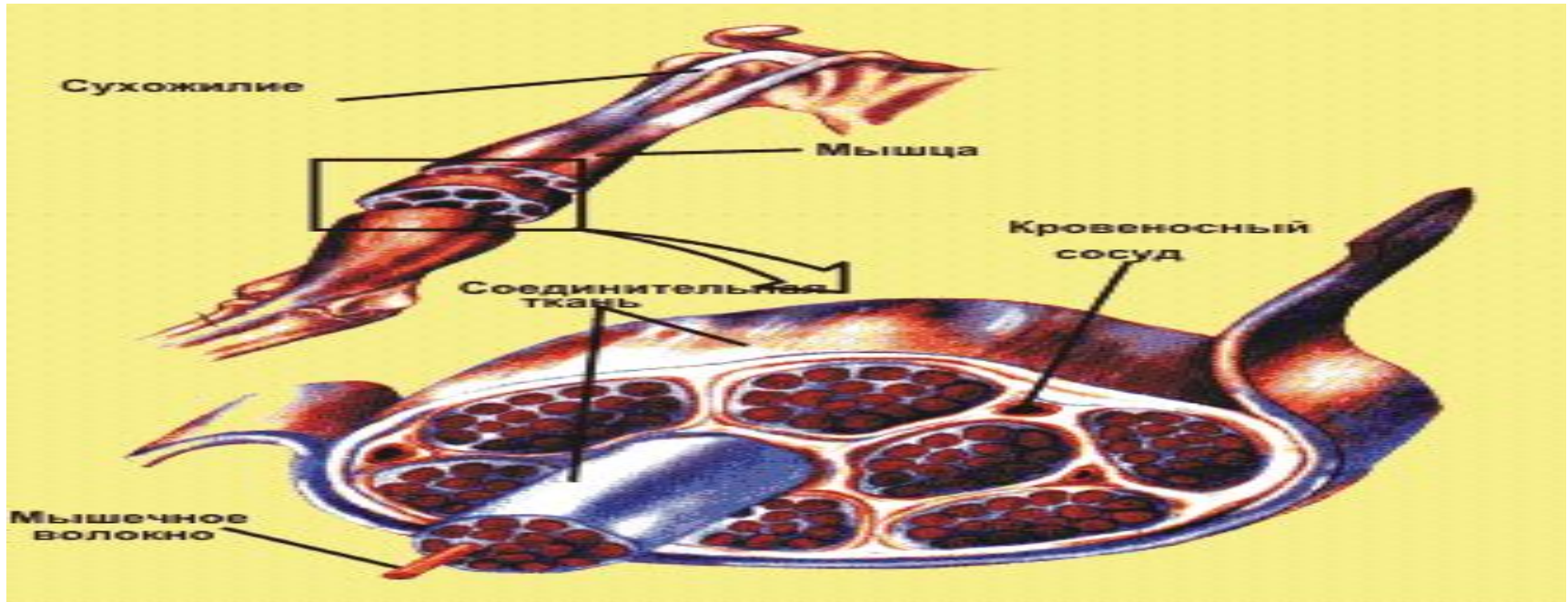
Сердечная мышца

**Сердечная мышца - многоядерные клетки,  
непроизвольные, не контролируются сознанием**

(однако, в какой-то мере, управляется нервной и эндокринной системами.

# Скелетные мышцы произвольные, при участии коры головного мозга контролируются сознанием

В теле человека свыше 215 пар скелетных мышц, которые сухожилиями прикрепляются к различным частям скелета, обеспечивая его движение (локомоции) в пространстве



Организация цилиндрических волокон в скелетной мышце, прикрепленной к костям - сухожилиями

## 1.2. Структура и функции скелетных мышц

### **Мышца - орган**

**образован мышечными волокнами**

**сокращаются мышцы - произвольно**

**Регуляция осуществляется по двум связям с ЦНС:**

### **«Прямая связь»**

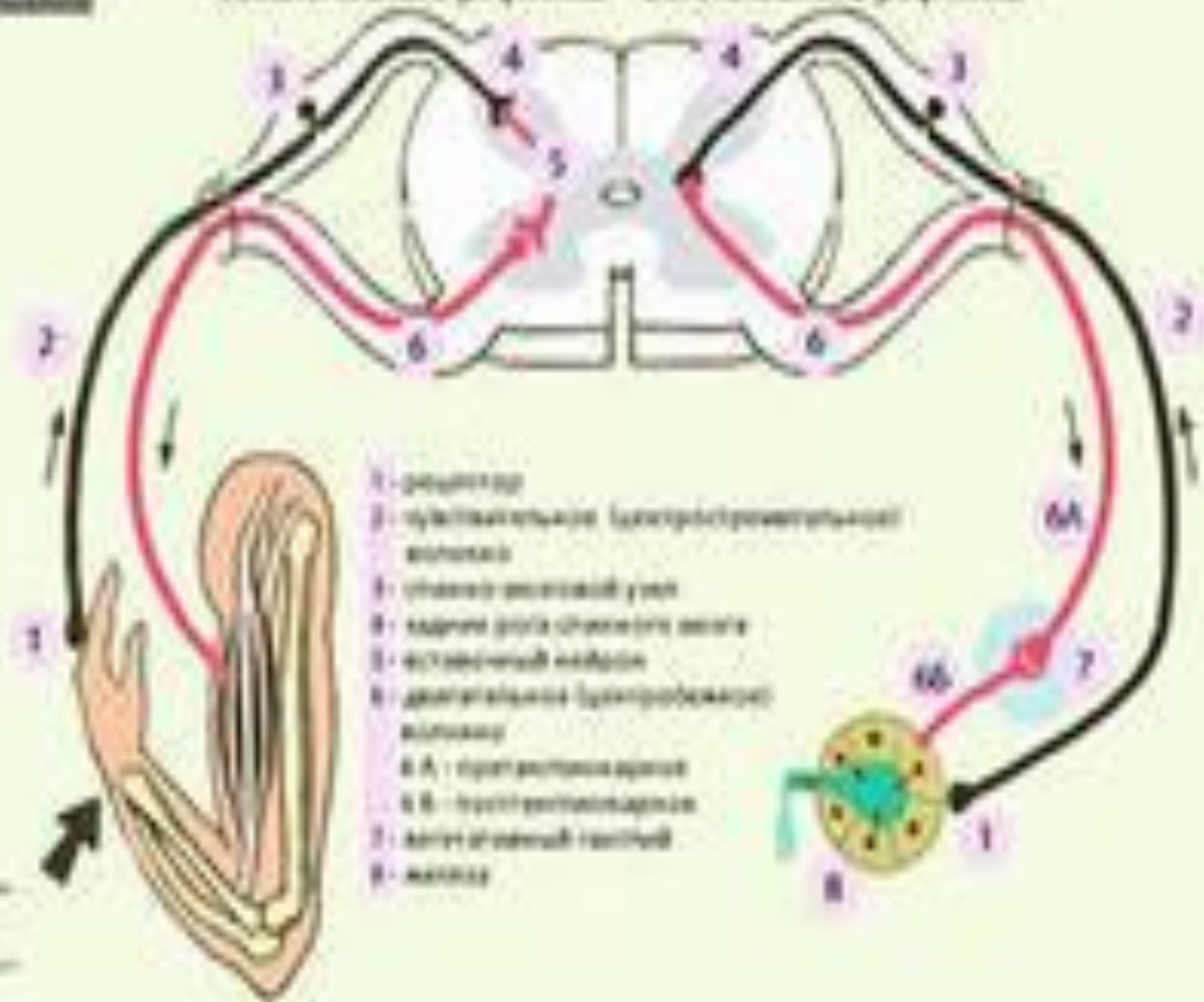
**- команда ( по аксонам мотонейронов) – поступает в двигательный центр , а затем - ( по эфферентному пути) - в проприорецепторы мышц**

### **«Обратная связь»**

**- от проприорецепторов ( мышц, сухожилий и связок) - по отросткам чувствительных нейронов возбуждение возвращается , обратно в двигательные центры , неся информацию о состоянии величины напряжения и сокращения мышц**

# Рефлекторная дуга

соматического рефлекса - вегетативного рефлекса





корковый

диэнце-  
фальный

мезэнцефальный

бульбарный

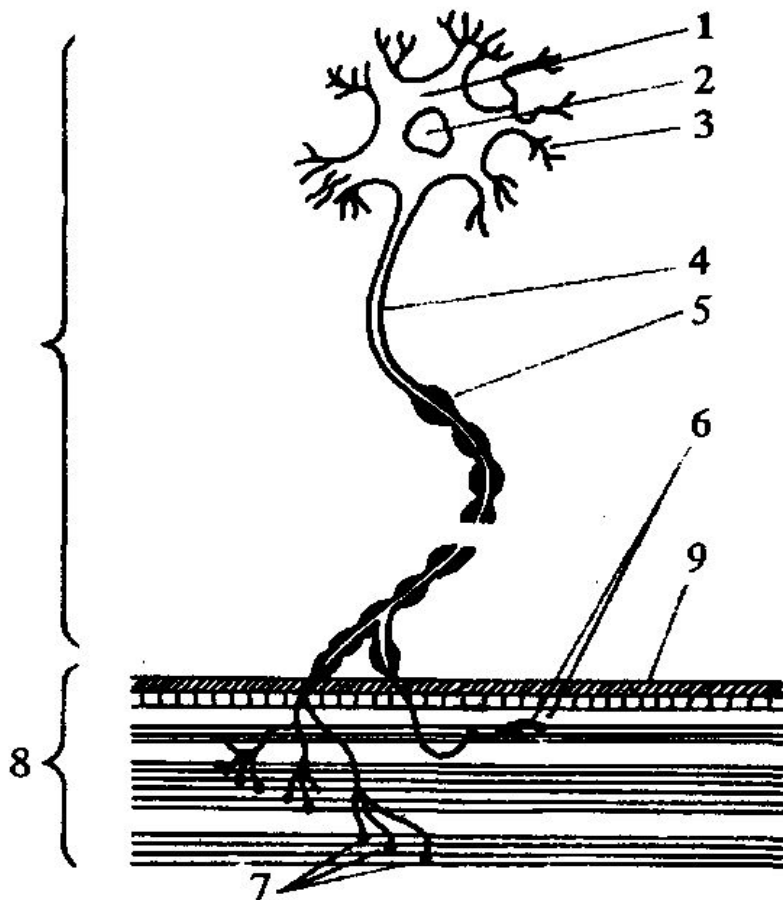
спинальный

Уровни рефлекторной дуги



# 1.3. Функциональные единицы скелетной мышцы

Один мотонейрон, его аксон и мышечные волокна, иннервируемые этим аксоном, образуют двигательные единицы (ДЕ)



## Схема строения двигательной единицы

- 1 - тело мотонейрона; 2 - ядро;
- 3 - дендриты - короткие отростки;
- 4 - аксон - длинный отросток нервного волокна;
- 5 - оболочка нервного волокна,
- 6 - концевые веточки аксона;
- 7 - нервно-мышечные синапсы, через которые мышце передаются нервные импульсы;
- 8 - мышечное волокно с миофибриллами;
- 9 - оболочка мышечного волокна.



**Морфологически ДЕ** отличаются:  
размерами, объёмом тела мотонейрона,  
толщиной аксона и числом  
мышечных волокон, входящих в состав мышцы.

**Функционально ДЕ** делят на два типа:  
медленные ДЕ (I тип) и быстрые ДЕ (II тип)

### Характеристика ДЕ

**Малые ДЕ** - это тонкие, медленные аксоны с малым числом мышечных волокон и с их включением при незначительных мышечных усилиях (*мышцы глаза и пальцев рук содержат 5 – 10 мышечных волокон*)

**Большие ДЕ** - крупные, толстые аксоны с тысячами мышечных волокон, низко возбудимые, с высокой частотой нервной импульсации (20 – 50 импульсов в 1 с), обладающие большой скоростью проведения возбуждения, включающиеся в работу только при больших нагрузках на мышцу (*икроножная мышца содержит до 2000 волокон*)

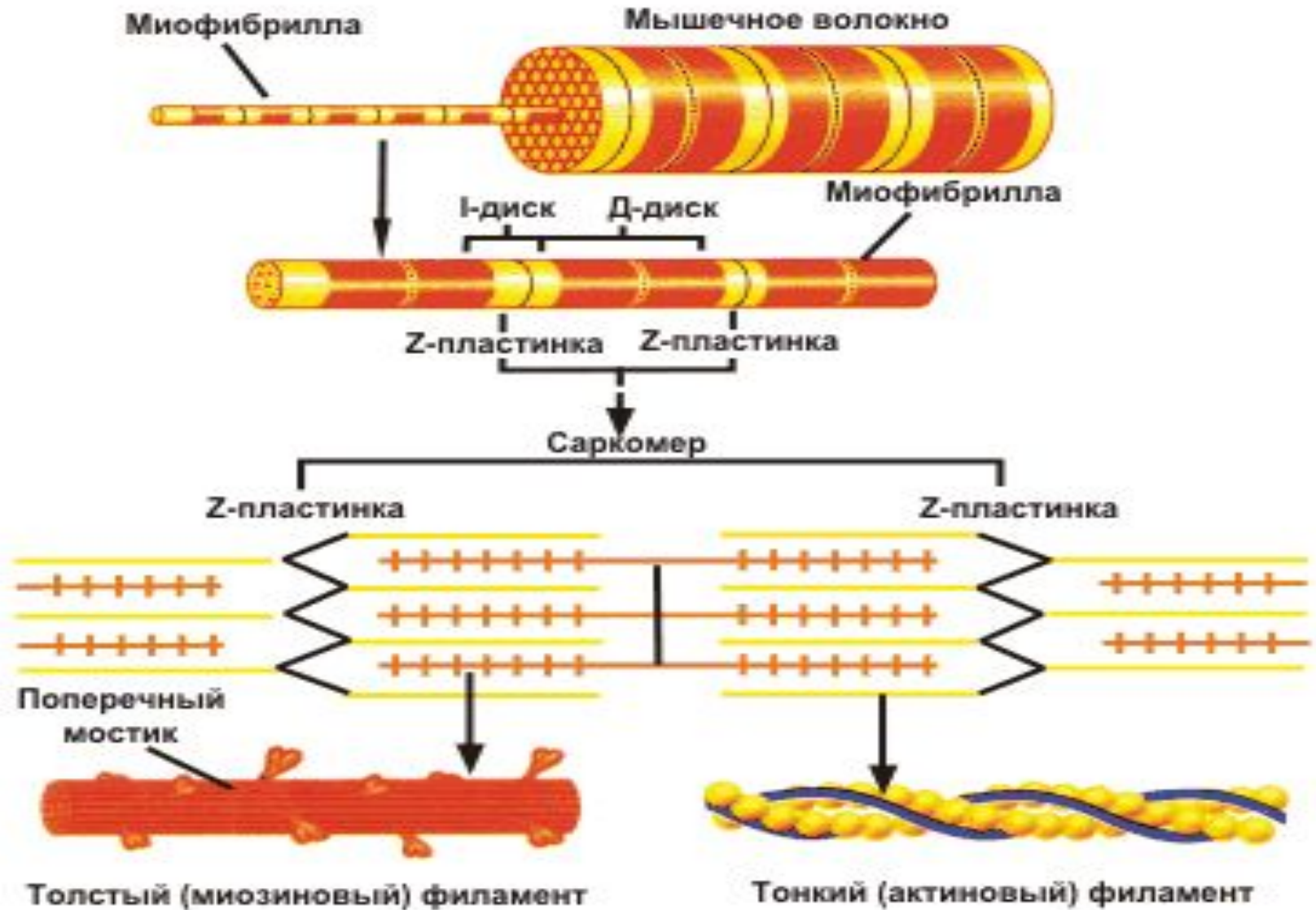
## 1.4. Структура мышечного волокна

Суммарное количество мышечных волокон в мышце устанавливается в возрасте 4 – 5 месяцев.

### **Мышечное волокно включает:**

- **сарколемму** (мембрану) - покрывающая мышечное волокно, функция - возникновение и проведение возбуждения;
  - **саркоплазму** - внутреннее содержимое клетки, состоящее условно из двух частей:
    - **саркоплазматического матрикса** (жидкость с ядрами, сократительные волокна - миофибриллы, кислородосодержащий белок – миоглобин, креатинфосфат, гликоген, жир, другие молекулы и ионы);
    - **саркоплазматического ретикулума** (замкнутая система продольных трубочек и цистерн, расположенных вдоль миофибрилл и содержащих ионы  $Ca^{2+}$  ).
- Поверхностная мембрана клетки через равные промежутки образует обширную сеть поперечных трубочек (Т–трубочки).

# Структура саркоплазмы мышечного волокна скелетной мышцы



В одной мышечной клетке содержится от 100 до 1000 и более **миофибрилл** (диаметром 1-2 мкм, длиной 2- 2,5 мкм)

**Миофибрилла** – пучок параллельно лежащих нитей, образованных белками :

а) - **миозином** (толстые нити), б) **актином** (тонкие нити)

Кроме того, в *состав актина* входят еще два белка :

*тропомиозин и тропонин*

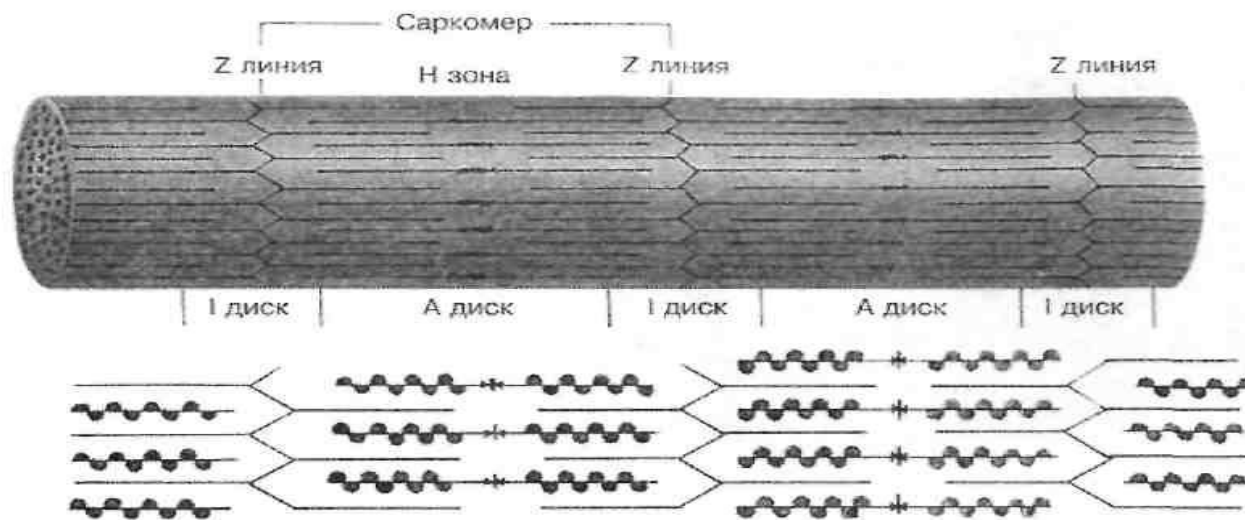
Миофибриллы разделены **Z – мембранами**  
на отдельные участки – **саркомеры**

В средней части саркомера расположены :

- **миозиновые нити** - **темные Д - диски**);
- по бокам - **актиновые нити** (**светлые I - диски**),  
прикрепленные к **Z – мембранам саркомера**.

В центре **темных дисков** просматривается **светлая полоска**,  
**H – зона**.

В этой области **МИОЗИН** не перекрывается **АКТИНОМ**



Основная функциональная единица миофибриллы – саркомер  
(Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костил, 2001)

## Белок миозин

- ЭТО ДЛИННЫЕ МОЛЕКУЛЫ, ИМЕЮЩИЕ НА ОДНИХ КОНЦАХ «ХВОСТЫ» СОБРАННЫЕ В ПУЧОК; на других концах молекулы - «ГОЛОВКИ», ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ МОСТИКОВ МЕЖДУ МИОЗИНОМ И АКТИНОМ

## **АКТИНОВЫЙ МИОФИЛОМЕНТ**

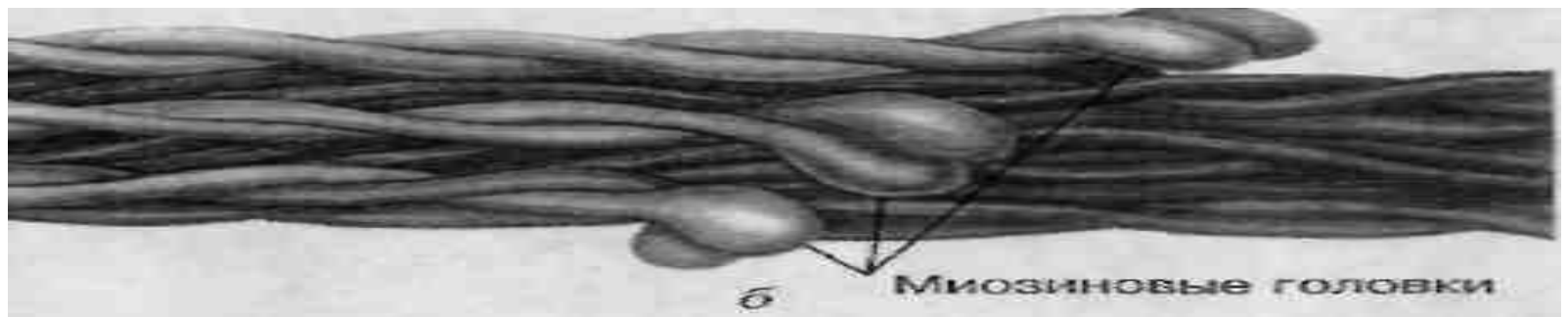
СОСТОИТ ИЗ *трех разных белковых молекул:*

*актина, тропомиозина и тропонина*

**АКТИН** – **ОСНОВА** миофиламента, его молекулы соединяясь вместе, *образуют две спирально закрученные нити:*

**Тропомиозин** имеет форму трубки; *он обвивает актиновые нити, заполняя углубления между ними.*

**Тропонин** – более сложный белок, который через равные промежутки прикреплен к **НИТЯМ актина и тропомиозина**



Молекула миозина (а), миозиновый филамент (б) и актиновый филамент, состоящий из молекул актина, тропомиозина и тропонина (в).

(Дж. Х., Уилмор, Д.Л Костил, 2001).

# ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

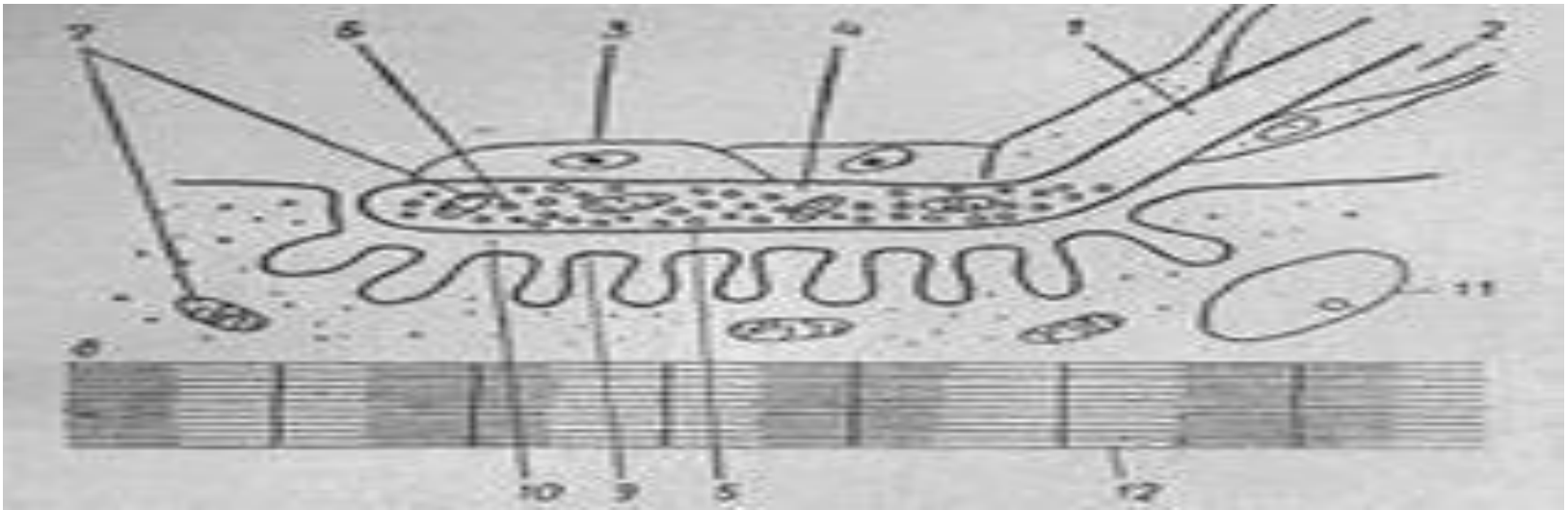
## МОДУЛЬ III

### Лекция 2

## Механизмы сокращения и расслабления мышечного волокна

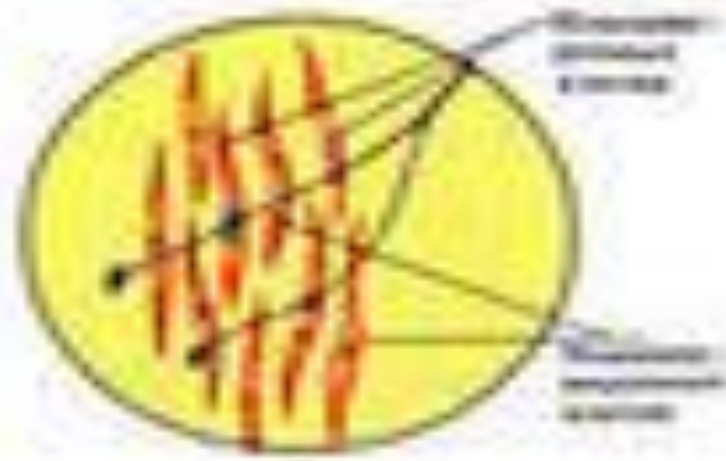
### 2.1. Нервно-мышечный синапс

При поступлении импульсов из окончаний аксонов двигательных нейронов, разрываются синаптические пузырьки пресинаптической части синапса и выделяется **медиатор ацетилхолин (АХ)**



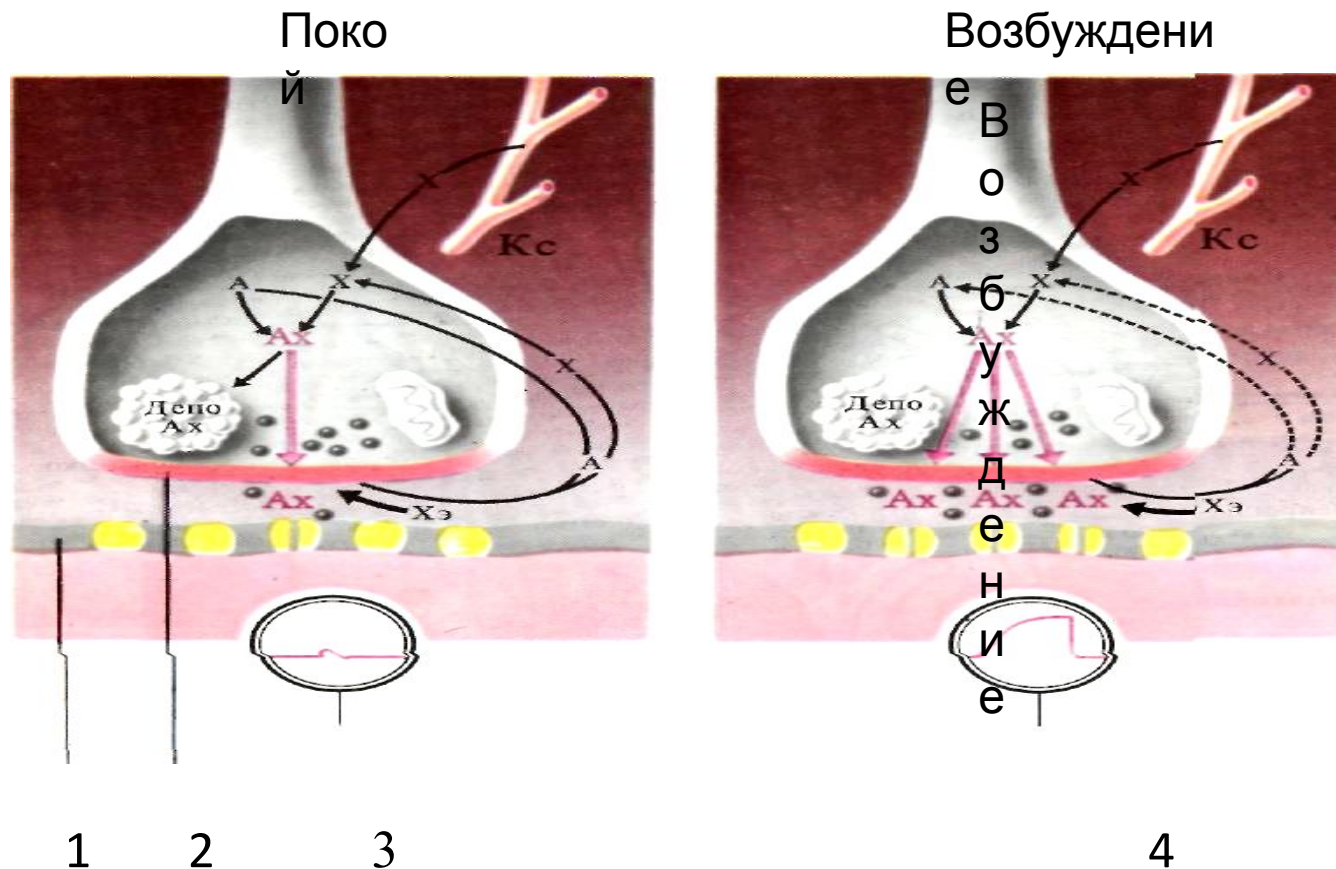
Мионевральный синапс





2. Проникая в синаптическую щель, **ацетилхолин (Ах)** взаимодействует с **хеморецепторами постсинаптической мембраны, т.е. сарколеммой**, вызывая её **деполяризацию**.

3. При достаточном количестве **АХ** и **уровне деполяризации на сарколемме** развивается **потенциал действия (ПД)**, который распространяется по всей длине мышечного волокна и вызывает его сокращение.



### Строение синапса

Синаптические процессы в невозбужденном (3) и возбужденном синапсе (4)  
(по Л.Щельцыну, 1980):

1 – постсинаптическая мембрана, 2 – пресинаптическая мембрана, 3 – миниатюрный потенциал, 4 – вызванный постсинаптический потенциал (ВПСП), Кс – кровеносный сосуд, А – ацетат, Х – холин, Хэ - холинэстераза

## **Последовательность развития мышечного сокращения:**

1. В состоянии относительного покоя тропомиозин «скрывает» участки актина, блокируя взаимодействие поперечных мостиков миозина с актином ;
2. По мере снятия блокирующего действия тропонина и кальция на тропомиозин (за счет АХ), головки миозина начинают присоединяться к активным участкам белка актина , образуя поперечные мостики;
3. Образование мостиков способствует головкам миозина начинать совершать гребковые движения, обеспечивая скольжение нитей актина вдоль нитей миозина (**теория скольжения**) с обоих концов саркомера к его центру, совершая механическую работу мышечного волокна.
4. Для дальнейшего скольжения сократительных белков относительно друг друга мостики между актином и миозином разрываются и вновь образуются на следующем центре связывания  $Ca^{+2}$  .
5. Процесс продолжается до тех пор, пока концы миозиновых нитей не достигнут Z- линии. При этом, актиновые нити ещё больше сближаются, выходя в H-зону, перекрывают её, и она становится невидимой

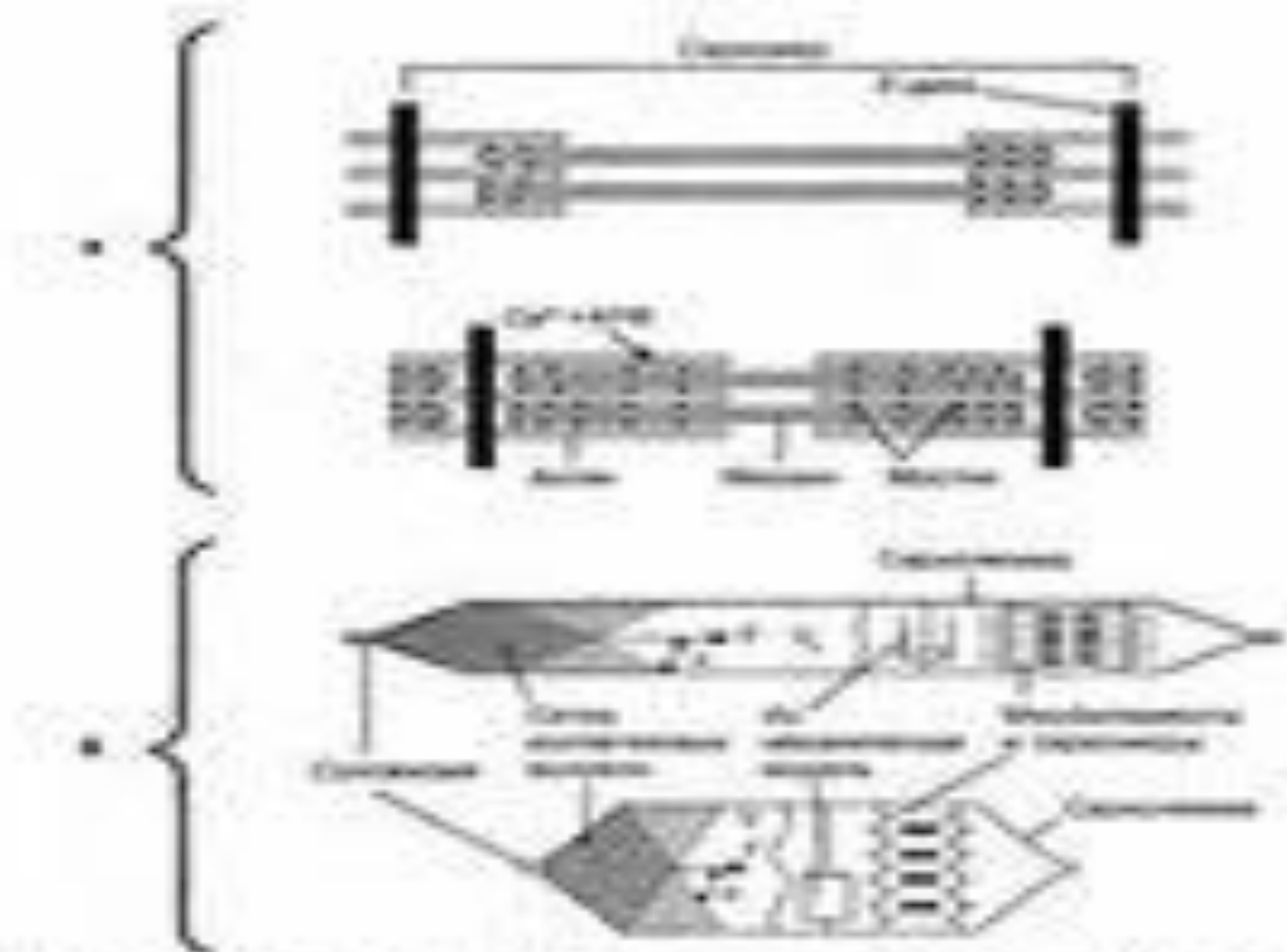
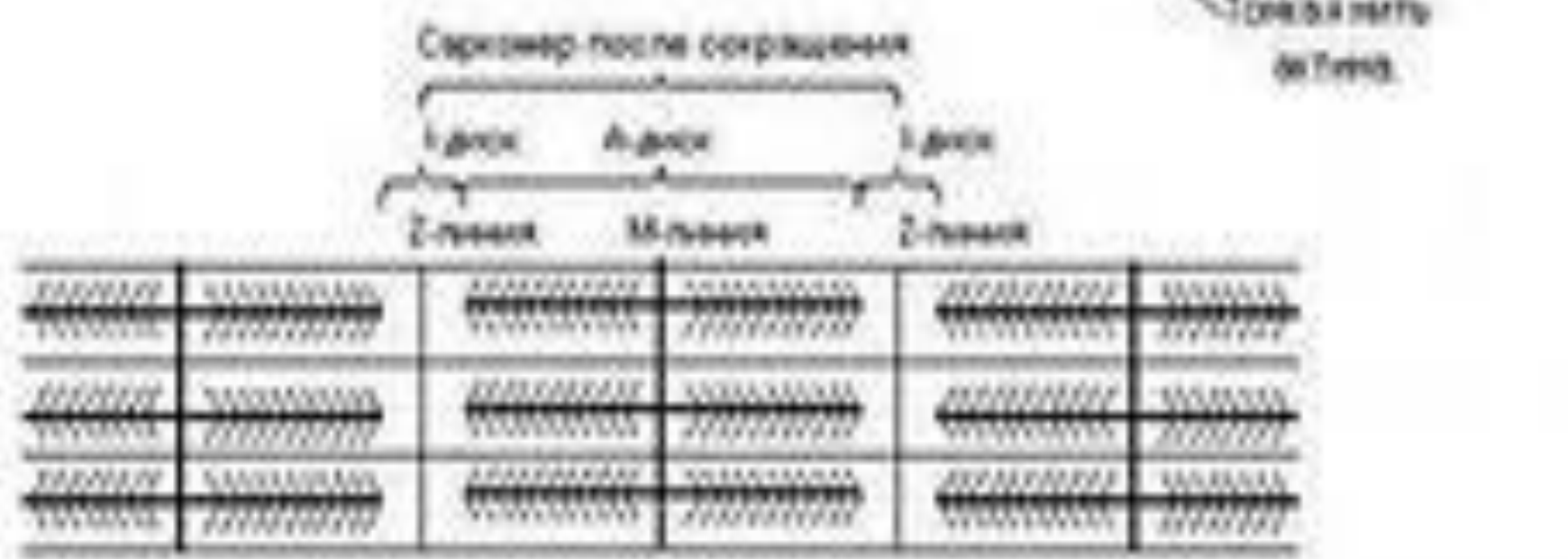


Fig. 1.1. Structure of a single-mode fiber optic cable. 1 - cross-section of a single-mode fiber optic cable; 2 - cross-section of a single-mode fiber optic cable with a detailed view of the core-cladding interface; 3 - cross-section of a single-mode fiber optic cable with a detailed view of the core-cladding interface; 4 - cross-section of a single-mode fiber optic cable with a detailed view of the core-cladding interface.



## 2.2. Энергия, используемая для мышечного сокращения

1 .Основным источником энергии для сокращения мышц является **аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)**, образующаяся в **МИТОХОНДРИЯХ**;

2. При наличии **фермента АТФазы, расположенного на ГОЛОВКАХ МИОЗИНА**

**АТФ расщепляется на аденозиндифосфат (АДФ) неорганический фосфор ( $\Phi_n$ ) и энергию**  
**( $АТФ = АДФ + \Phi_n + Q$ ) ;**

3. В результате соединения **АТФ с миозином**, освободившаяся энергия обеспечивает скольжение **актиновых нитей вдоль миозиновых**;

4 . Расслабление мышцы обусловлено:

**«кальциевым насосом», откачивающим кальций из миофибрилл обратно в Т - трубочки саркоплазматического ретикулума , на что также затрачивается энергия АТФ!!!**

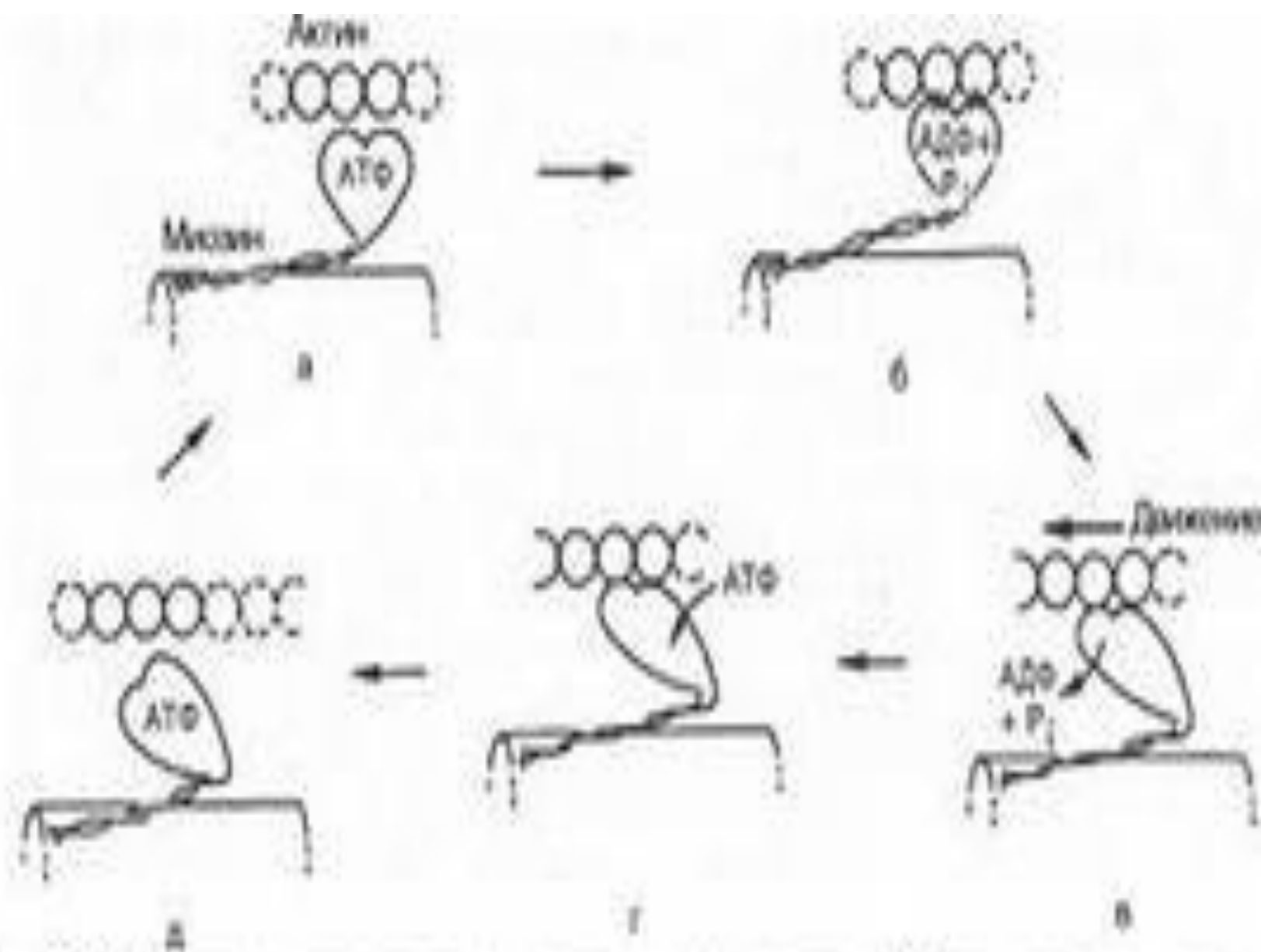
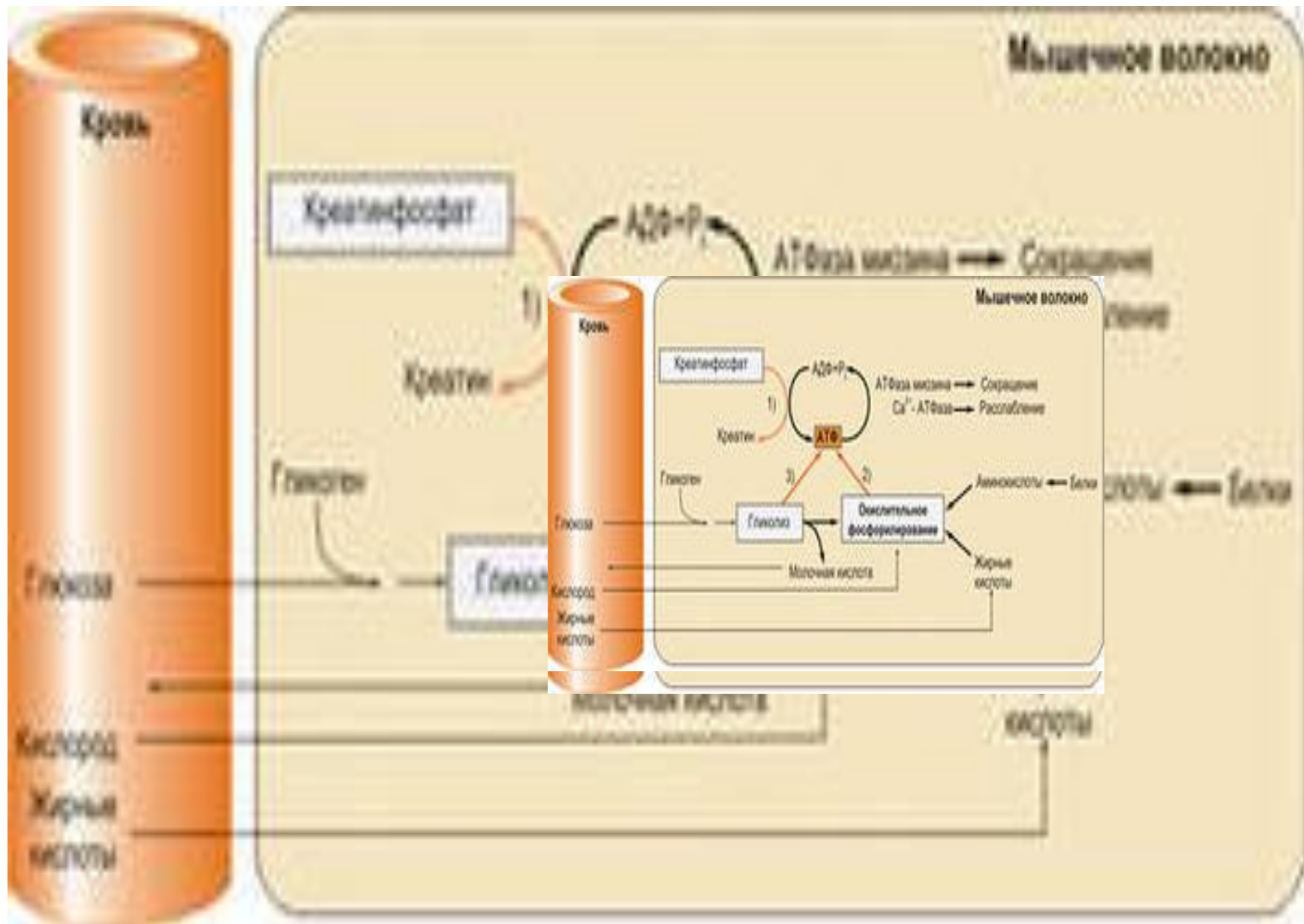


Рис. 208. Биохимический цикл мышечного сокращения. Объяснение в тексте.







## 2.3. Химизм и энергетика мышечного сокращения

### .1. Поперечные мостики, лишенные АТФ не вызывают сокращения мышечного волокна

При расщеплении АТФ выделяется около 10 ккал энергии на 1 моль:



Запасы АТФ в мышцах невелики (около 5 ммоль/л),  
**их хватает на 1 – 2 с работы**

Для поддержания мышечного сокращения, необходимо  
**постоянное восстановление АТФ**

**2. Снижение АТФ в мышцах сопровождается отсутствием включения кальциевого насоса и мышца не в состоянии расслабиться , вызывая **контрактуру мышцы** –( ее стойкое напряжение) **избыток** кальция- **снижает их эластичность****

**3. Энергия для восстановления АТФ освобождается при расщеплении: *креатинфосфата (КрФ) и питательных веществ – углеводов, жиров, белков.***

Восстановление (ресинтез) АТФ в мышце происходит:  
анаэробным (без участия кислорода) и аэробным (при участии кислорода )

**Для восстановления (ресинтеза) АТФ, существует три химические (энергетические) системы:**

первая - фосфагенная (АТФ – КрФ);

вторая - лактаcidная (гликолитическая);

третья - кислородная (окислительная).

Первые две системы - функционируют по анаэробному типу  
третья – по аэробному типу

**Энергетические системы отличаются**

**энергетической емкостью и энергетической мощностью**

**Энергетическая емкость** – максимальное количество образуемой энергии, или максимальное количество АТФ, которое может ресинтезироваться за счет энергии этих систем;

**Энергетическая мощность** – максимальное количество энергии, выделяющейся в единицу времени, или максимальное количество АТФ, образующейся в единицу времени за счет энергии данной системы

**Т а б л и ц а . Максимальная мощность и емкость  
трех энергетических систем**

<b>Название системы</b>	<b>Максимальная мощность, моль АТФ/мин</b>	<b>Емкость, общее число молей АТФ</b>
<b>Фосфагенная (АТФ + рФ)</b>	<b>3,6</b>	<b>0,5</b>
<b>Лактацидная (гликолитическая)</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
<b>Кислородная (окислительная)</b>		
<b>Окисление гликогена и глюкозы</b>	<b>0,8</b>	<b>80</b>
<b>Окисление жиров</b>	<b>0,4</b>	<b>6000</b>

# 1.4. Характеристика энергетических систем

## 1. Фосфагенная энергетическая система

### Восстановление ( ресинтез) АТФ

во время работы происходит мгновенно (в тысяч. доли сек.)  
за счет распада креатинфосфата (КРФ):



Наибольшая эффективность энергообеспечения работающих мышц достигается к 5 – 6-й с, затем запасы КРФ снижаются, их всего около 30 ммоль/л. Энергетическая мощность данной системы важна для работы **в зоне максимальной мощности** продолжительностью **до 20 с** (спринтерский бег, кратковременные мышечные усилия «взрывного характера» - при подъеме штанги, метаниях, прыжках).

## 2 Лактацидная (гликолитическая) система

Восстановление АТФ происходит медленно, так как энергия, освобожденная в результате гликолиза (анаэробного расщепления глюкозы из гликогена.)

**АТФ = АДФ + лактат (молочная кислота) + кислород**

Реакция протекает с восстановлением трех молекул АТФ.

*Данная энергетическая система набирает наибольшую мощность к концу первой минуты работы.*

Лактацидный механизм энергообеспечения имеет особое значение при работе *в зоне субмаксимальной мощности*, продолжающейся *от 20–30 с до 1–2 мин.*

Ограничение использования углеводов обусловлено не уменьшением запасов гликогена (глюкозы) в мышцах и печени, а торможением любых биохимических реакций (в том числе реакции гликолиза), а *в результате накопившейся в мышцах молочной кислоты.*

# Аэробная энергетическая система

## 3. Кислородная (окислительная) система

Данная энергетическая система обеспечивает работу мышц в условиях *достаточного поступления в организм кислорода: продолжительность работы* в аэробных условиях более 2–3 мин; *доставка O<sub>2</sub>* обеспечивается *максимальным развертыванием функций* :- дыхательной, сердечнососудистой системы и системой крови;- система является

- **показателем мощности аэробных процессов** является максимальное потребление кислорода (**МПК**) за **1 мин.;**

- *величина МПК* обусловлена индивидуальными возможностями каждого человека:

- *у нетренированных лиц к работающим мышцам за 1 мин поступает кислорода около 2,5–3,0 л/мин;*

- *у высококвалифицированных спортсменов (лыжников, бегунов-стайеров, пловцов и др.) МПК достигает от 5 до 7 л/мин*



## Лекция 3

### 1. Формы, типы и виды мышечных сокращений

Напряжение, развиваемое мышцами в организме при сокращении, реализуется по-разному, что и определяет различные формы, типы и мышечных сокращений

**Формы мышечных сокращений**

**динамическая, статическая, ауксотонический**

**Типы мышечных сокращений:**

**изотонический, изометрический, смешанный**

В зависимости от частоты нервных стимулов, поступающих от мотонейронов к мышечным волокнам, различают:

**Виды сокращений:**

***одионое и тетаническое***

# Формы

# Типы



# Изотонический тип

(от греч. «*isos*» – равный, «*tonus* – напряжение)

**режим постоянного тонуса мышц,**

**- характерна для динамической формы сокращения**

**Существует два вида напряжения мышц:**

**1 вид – концентрическое напряжение** - внешняя нагрузка на мышцу меньше, чем её напряжение (*мышца укорачивается*);

**2 вид – эксцентрическое напряжение,** внешняя нагрузка на мышцу больше её напряжения, развиваемого во время сокращения (*мышца растягивается и удлиняется*)

При динамической форме сокращения мышца производит **внешнюю работу (A)**, т.е. произведение внешней нагрузки **поднятого веса (P)** на пройденное **расстояние (h)**:

$$A = P \cdot h \text{ (кг/м)}$$

При концентрическом виде сокращения - мышца выполняет **положительную работу** (подъём штанги), а при эксцентрическом виде – **отрицательную** (опускание штанги).

**Изометрический тип** (*от.греч isos – равный, metron – длина*)  
**режим постоянной длины, или статическая форма сокращения**

**Две формы статического сокращения:**

**1 - внешняя нагрузка равна напряжению, развиваемому мышцей при сокращении;**

**2 - внешняя нагрузка превышает напряжение мышцы, при отсутствии условия для растяжения мышцы под влиянием этой внешней нагрузки.**

**При изометрическом сокращении «расстояние» ( $h = 0$ ), согласно физическому закону в этом случае мышца не производит механической работы ( $A = 0$ ).**

Изометрическое сокращение требует большого расхода энергии, так как в мышечном волокне все равно происходят процессы возникновения и разрушения поперечных мостиков между актином и миозином, но при этом отсутствует механическое перемещение нитей актина вдоль миозина, и работа может быть очень утомительной.

**Физиологическая характеристика такой работы определяется как произведение величины нагрузки на длительность работы ( $t$ ):**

$$A = P \cdot t, \text{ кг/мин}$$

# **Ауксотонический тип – смешанная форма сокращения, изменяются и длина, и напряжение МЫШЦЫ**

**В реальных условиях в деятельности мышц практически не встречаются чисто изометрический или изотонический тип сокращения;**

**- при смешанном режиме совершается механическая работа мышц:**

$$A = P \cdot h \text{ (кгм)}$$

**Это динамическая работа мышц в отсутствие внешнего груза. Но мышцы преодолевают силу тяжести, действующую на тело человека.**

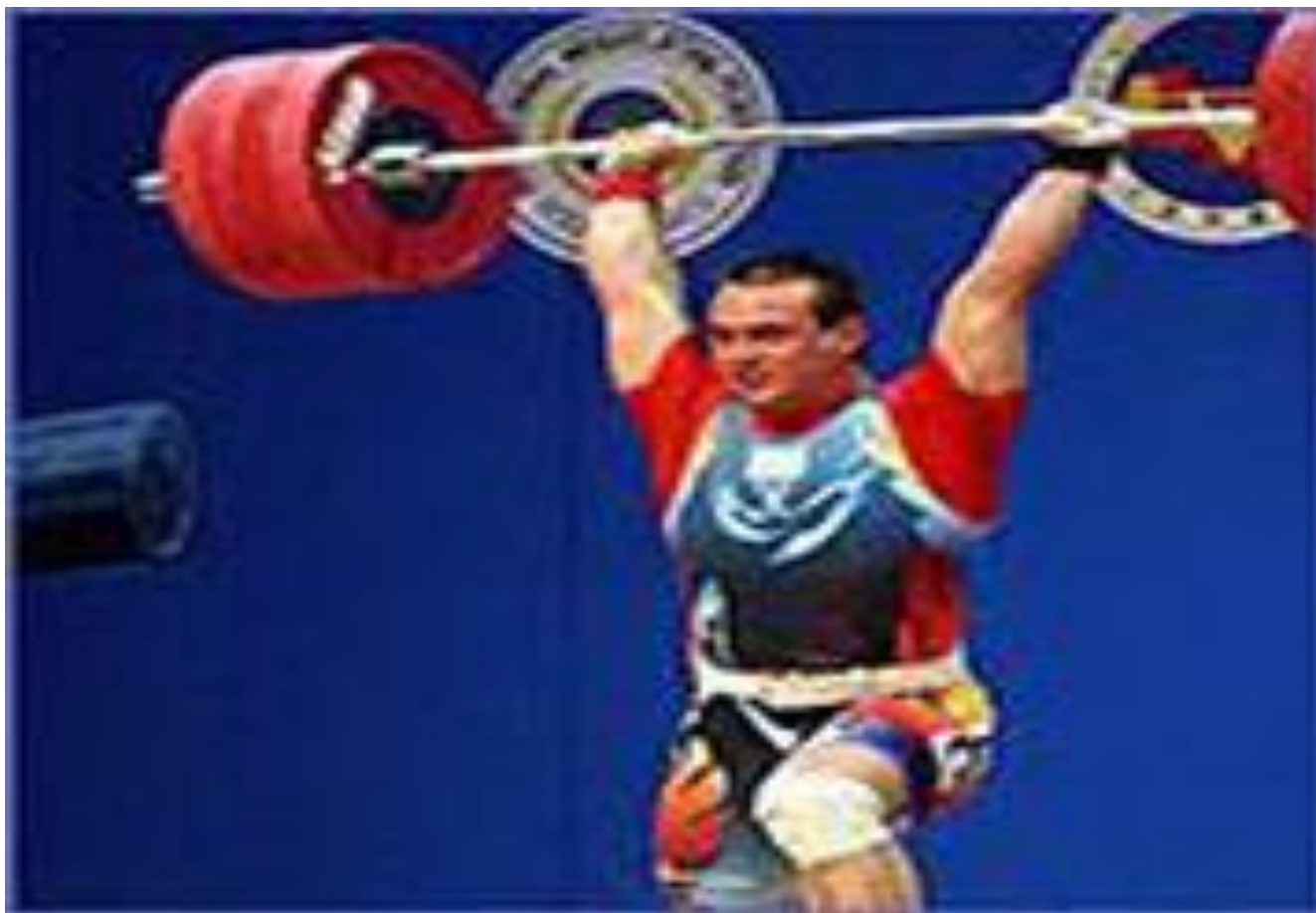
**Закон средних нагрузок и средних скоростей обусловлен тем, что при большой скорости сокращения мышц, часть ее энергии затрачивается на преодоление сопротивления растущего  
внутреннего трения и вязкости мышцы**

**При малой скорости - энергия тратится на поддержание изометрического напряжения, которое также присутствует в данном случае для закрепления достигнутой длины мышцы в каждый данный момент времени.**

## Пример изотонического типа сокращения мышц



## Пример изометрического типа сокращения мышц



## Пример ауксотонического сокращения мышц





## 3.2. Виды сокращения

### Понятие об одиночном и тетаническом сокращении

**Одиночное сокращение** мышечного волокна возникает в ответ на **единичный стимул**, поступающий из ЦНС по нервному волокну.

**В нем различают три периода:**

*латентный, сокращения, расслабления*

- 1 Латентный (или скрытый) период** *самый короткий, начинается с момента раздражения и длится до начала сокращения;*
- 2. Периода сокращения** *(электромеханическая передача);*
- 3. Период расслабления** *( период расслабления обычно в 1,5 – 2 раза продолжительнее фазы сокращения, а при утомлении мышцы он значительно увеличивается)*

# Тетаническое сокращение

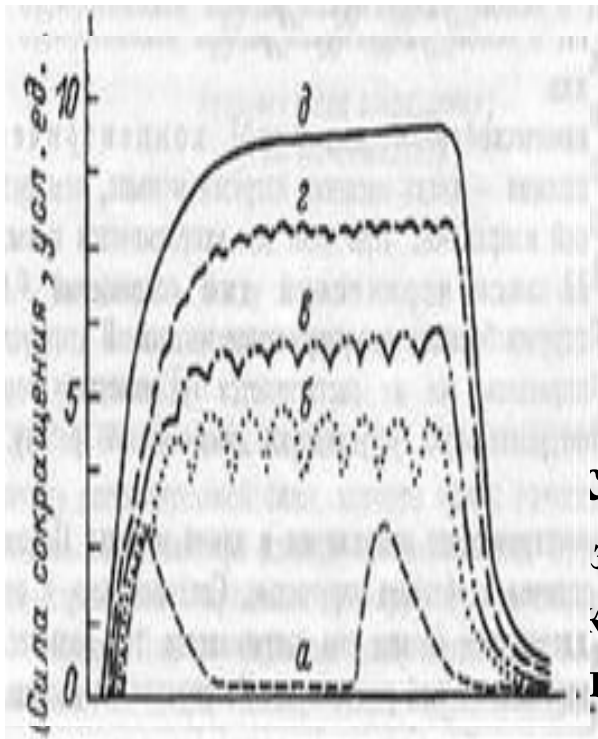
При тетаническом сокращении раздражающие стимулы приходят к мышечному волокну один за другим и интервалы между ними короче, чем длительность одиночного сокращения.

Возникает **суммация** одиночных сокращений, т.е. - **суперпозиция** - это механический эффект мышечного волокна, когда отдельные сокращения накладываются друг на друга формируя сложное сокращение **тетанус**

Различают две формы тетануса:  
**зубчатый и гладкий**

**Зубчатый тетанус** - возникает при более низкой частоте поступающих стимулов - каждый следующий стимул поступает к мышечному волокну в период расслабления мышцы

**Гладкий тетанус** - каждый следующий нервный импульс поступает к мышечному волокну в период сокращения.



**а** – одиночное

сокращение:

1 – латентный период;

2 – период

сокращения:

3 – период расслабления

**б, в, г** – зубчатый тетанус;

**д** – гладкий

тетанус

**Таким образом:**

- при небольшой частоте (5 – 8 импульсов в 1 с), возникают **одиночные сокращения**;
- при увеличении частоты до 5 - 15 имп/ с наблюдается **зубчатый тетанус**;
- при частоте 20 - 60 имп/ с – **гладкий тетанус**.

**Сокращение целой мышцы зависит от - количества одновременно работающих отдельных ДЕ и их координации во времени.**

**Так, при длительной, но не очень интенсивной работе, отдельные ДЕ включаются в работу попеременно (бег на длинные и сверхдлинные дистанции).**

**В этом случае ДЕ могут развиваться как одиночные, так и тетанические сокращения в зависимости от частоты нервных стимулов.**



При мощных кратковременных усилиях (например, поднятие штанги) *активность отдельных ДЕ синхронизируется*

При этом осуществляется мощное, но очень быстроприводящие к утомлению **тетаническое сокращение**



# **ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

## **МОДУЛЬ III**

### **Физиологическое воздействие школьного урока физической культуры на детский организм**

**1.1. Основной задачей повышения двигательной подготовленности школьников является **обоснованное увеличение физических нагрузок** на уроках физической культуры**

**Структура урока физической культуры состоит из трех частей:**

- вводная (подготовительная);**
- основная;**
- заключительная.**

***Вводная часть урока ( 8 – 10 мин) включает:***

***(ходьбу с построением, бег со средней скоростью и вольные упражнения)***

***Основная задача - вработывание (период перестройки функций от уровня покоя до установления устойчивой работоспособности) организма школьников к основной части урока.***

***У детей школьного возраста быстрее, чем у взрослых мобилизуются двигательные (10 -30с) и вегетативные***

***(3-5мин) функции***

***Этому способствуют:***

***- меньшая инертность сердечнососудистой и дыхательной систем;***

***- высокая возбудимость и функциональная подвижность нервных клеток***

***У детей происходит перестройка нервных и гуморальных механизмов регуляции, формируется необходимый двигательный стереотип и улучшается координация движений и т. д .***

**Основная часть урока физкультуры**  
**продолжается около 30 минут и включает:**  
**(бег, ходьбу, прыжки в длину и высоту и др.)**

**Задачи урока - овладение новыми движениями, их**  
**закрепление, совершенствование и развитие**  
**двигательных качеств**

**Заключительная часть урока**  
**направлена на постепенное снижение темпа и**  
**интенсивности выполнения движений**  
**(ходьба, прыжки на двух и одной ноге, бег со средней скоростью,**  
**ходьба с глубоким дыханием и т. д.).**

**При определении продолжительности заключительной части урока**  
**необходимо учитывать: что восстановительный период после**  
**выполнения дозированных нагрузок, характерных для урока**  
**физической культуры, у детей короче ( продолжительность в среднем**  
**5-7 мин).**



## **Моторная (двигательная) плотность урока**

- метод определения степени физиологического воздействия урока на организм школьников в течение урока

Моторная плотность существенно меняется в разных частях урока:

- в вводной части урока достигает 80 – 90%;
- в основной части, особенно к её концу, понижается до 10-15%.

## **Факторы, влияющие на моторную плотность урока :**

1 - Моторная плотность увеличивается при сокращении интервалов отдыха между упражнениями.

2 - При разучивании новых движений интервалы отдыха должны быть такими, чтобы сохранялась оптимальная возбудимость двигательных центров.

**3 - Освоение новых движений на следах возбуждения происходит быстрее.**

**4 - Для развития скорости интервалы отдыха должны обеспечить такой уровень восстановления, который дает возможность выполнить последующее упражнение с максимальным эффектом (на фоне фазы повышенной возбудимости).**

**5 - При выполнении упражнений, направленных на развитие общей выносливости, паузы отдыха напротив - сокращаются.**

## 1.2. Определение моторной плотности урока методом хронометража

1- По секундомеру регистрируют отрезки времени, затраченного школьником во время урока ,непосредственно, на выполнение физических упражнений.

2- Отношение суммы этих отрезков к общей длительности урока, выраженное в процентах, характеризует моторную плотность урока: чем она больше, тем выше физиологический эффект урока.

Пример: если за 45 мин урока общая продолжительность выполнения движений составляла 30 мин, то моторная плотность урока составит:

$$\begin{aligned} 45\text{мин} &- 100 \\ 30\text{ми} &- x \\ (30 \cdot 100) : 45 &= 66\% \end{aligned}$$

*Остальное время урока (34%) было затрачено на показ и объяснение, ожидания очереди выполнения упражнения, на паузы отдыха и др.*

### Оценка моторной плотности урока:

- больше 60% считается достаточной;
- при более низких значениях школьники не получают оптимальной физической нагрузки, снижается качество урока, плохо усваивается программный материал, мало выражен оздоровительно-тренировочный эффект

# Протокол хронометража

Урок ЛФК учащихся начальных классов интерната № 20  
с нарушением опорно-двигательного аппарата

Дата проведения \_\_\_\_; Место проведения \_\_\_\_;

Урок проводил \_\_\_\_\_; Обследование проводил \_\_\_\_\_

Задачи: «Коррекция и совершенствование двигательных умений»

Детей в классе по списку: \_\_\_\_\_; Детей присутствовало \_\_\_\_\_

№ п/п	Время до окончания урока	Двигательные действия	Объяснение и показ учителя	Вспомогательные действия	Отдых	Простой
1	одна часть урока	2 мин	0,5	0,5		
2	Основная часть урока	9, мин	3,5 мин	1,5 мин	1,5 мин	
3	Заключительная часть урока	5 мин	2,0 мин	1,0 мин	0,5 мин	
	Заключение	16, 0 мин	6 ,0 мин	3,0 мин	2,0 мин	3,5 мин

### 1.3. Методика определения физиологической кривой пульса урока

*Цель исследования: оценка величины нагрузки и адаптации школьников к физическим упражнениям на уроке физкультуры*

*Ход исследования: подсчитывают пульс по 10-секундным интервалам времени до начала занятия, в начале урока и в конце каждой его части, непосредственно перед началом и после окончания выполнения отдельных физических упражнений.*

**На основании полученных данных графически изображают физиологическую кривую пульса урока (по горизонтали отмечают продолжительность урока – вводная, основная и заключительная части, а по вертикали- показатели пульса в ответ на нагрузку по сравнению с исходными данными).**

**Методические рекомендации по проведению урока физической культуры предусматривают максимальные сдвиги физиологических показателей в основной части урока и возвращение их к исходному состоянию в заключительной части**

**На кривой пульса - типичным является два пика средних значений ЧСС:**  
**- первый в подготовительной части, когда школьники выполняют общие развивающие упражнения;**  
**второй – в конце основной части урока при осуществлении задач по развитию физических качеств. В основной части урока, когда идет обучение и совершенствование двигательных навыков, нагрузка, как правило, небольшая.**

Исследованиями НИИ физиологии детей и подростков РАО установлено, что на уроке физической культуры допустима такая максимальная нагрузка, *при которой ЧСС в основной части урока не должна превышать 160 уд./мин*  
*Оценка вариантов кривой ЧСС:*

- Незначительный подъем и плоская форма кривой пульса свидетельствует о недостаточной нагрузке.
- Если ЧСС при отдельных упражнениях не достигает 130 – 140 уд./мин, нельзя рассчитывать на тренировочный эффект урока.
- Резкое учащение пульса и отсутствие выраженной тенденции физиологической кривой к снижению в конце урока указывает на чрезмерность нагрузки.

*При этом следует учитывать, что выраженность пульсовой реакции зависит не только от пола, величины нагрузки и степени подготовленности, но и от характера физических упражнений.*

*Так, после упражнений в равновесии на бревне ЧСС увеличивается значительно, хотя непосредственно физическая нагрузка невелика.*

**В зависимости от типа уроков ЧСС изменяется по - разному:**

- *низкая ЧСС<sub>ср</sub> (110 – 120 уд./мин) регистрируется на вводных уроках и на контрольных занятиях; высокая ЧСС<sub>ср</sub> (160 – 170 уд./мин) отмечается на уроках совершенствования и учебно-тренировочных занятиях; - промежуточные величины ЧСС<sub>ср</sub> (150 уд./мин) наблюдаются на комбинированных уроках физкультуры (выработка новых движений и развитие физических качеств).*

## 1.4. Физиологическое обоснование урока физической культуры в школе

Уроки физической культуры являются наиболее эффективными в плане:

- организации воспитательного и образовательного процесса;
- целенаправленного воздействия на развитие и совершенствование физических качеств и физиологических функций;
- повышение работоспособности, сохранение и укрепление здоровья школьников.

**Физиологический эффект воздействия урока на организм детей зависит:**

- от их возрастных особенностей и двигательной активности;
- от методических приемов и средств, обеспечивающих решение оздоровительных, воспитательных и образовательных задач.

**Нормирование физических нагрузок, адекватных функциональным возможностям организма учащихся с учетом их возраста - по трём параметрам:**

- по величине изменения физиологических показателей (частоты сердечных сокращений, артериального давления, потребления кислорода и легочной вентиляции);
- по биоэнергетическим затратам организма;
- по интенсивности физических упражнений (их силы, скорости, продолжительности).

## При нормировании нагрузок рекомендуется учитывать:

- продолжительность и интенсивность физического упражнения;
- продолжительность интервалов отдыха между упражнениями;
- характер отдыха (активный или пассивный);
- число повторений упражнений.

*Анализ и учет всех этих компонентов позволяет регулировать интенсивность нагрузок и прогнозировать величину и характер функциональных изменений у занимающихся.*

Одним из требований урока физической культуры является получение *тренировочного эффекта*, т.е. повышения функциональных возможностей различных органов и систем и развитие адаптации организма к физическим нагрузкам.

*Эффективность тренировочного процесса зависит от правильно выбранных средств тренировки и их дозировки.*

Для школьников пороговая величина нагрузки на уроке всегда должна быть выше обычной повседневной (бытовой) нагрузки. Выбирая такую нагрузку необходимо учитывать функциональные возможности организма, возраст и пол школьников.

С целью выяснения этих воздействий принято изучать: **срочный, отставленный (продолгованный) и кумулятивный тренировочный эффект**



## **Физиологическая особенность**

### ***срочного тренировочного эффекта :***

- формируется, на основе готовых, ранее образованных механизмов регуляции и программ адаптации;
- изменения, происходящие в организме при выполнении физических упражнений и в ближайший восстановительный период (до 30 – 60 мин), оценивают путем *оперативного контроля*,

#### **Показатели оперативного контроля:**

- субъективные показатели утомления во время урока;
- моторная плотность урока;
- физиологическая кривая пульса урока.

*Анализ результатов контроля в зависимости от степени выраженности и направленности сдвигов позволяет получить представление о величине и продолжительности нагрузки.*

**Наиболее эффективное функционирование различных органов и систем отмечается при средних нагрузках.**

***Малые нагрузки*** не вызывают необходимого физиологического эффекта, ***большие*** – угнетают деятельность кислородотранспортной системы, снижают функциональные резервы и работоспособность учащихся.

## ***Отставленный тренировочный эффект***

**наблюдается на поздних фазах восстановления.**

В физиологическом отношении этот эффект характеризуется продолжительной деятельностью различных органов и систем организма на повышенном уровне их функционирования.

**Отставленный эффект способствует развитию стадии суперкомпенсации.**

Для оценки отставленного эффекта тренировки

*используют текущий контроль,*

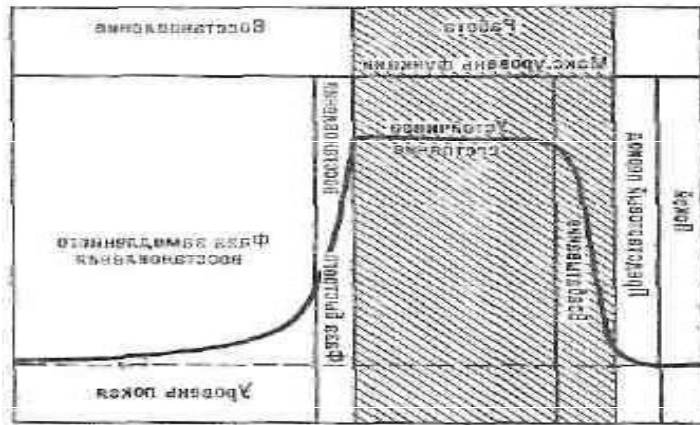
**который предусматривает регистрацию нагрузок и их влияния на организм за 5 – 10 уроков**

**В основе текущего контроля лежат данные регистрации показателей каждого урока, их сопоставление с результатами контрольных занятий и с показателями текущего функционального состояния учащихся.**

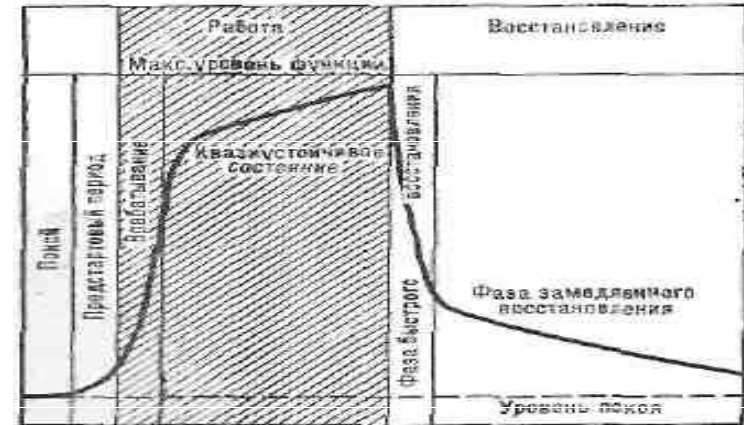
**Контроль проводят на основе оценки восстановления основных функций организма в зависимости от объема выполненной нагрузки.**

**Показатели восстановительных процессов являются основой планирования нагрузки на ближайшие уроки при обязательном учете гетерохронности восстановления функций.**

**Вследствие этого подбор упражнений должен осуществляться таким образом, чтобы одинаковые по направленности нагрузки задавались через достаточные интервалы времени восстановления ведущих функций организма .**

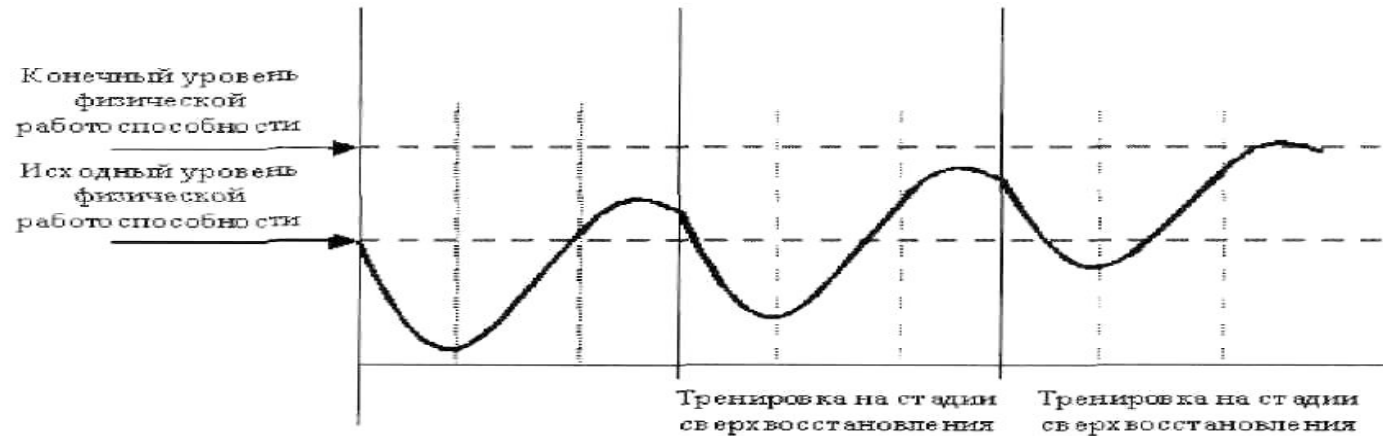


а



б

1. Динамика изменения физиологических функций перед началом , во время и после работы умеренной (а) и большой (б) мощности. 2.Изменение физической работоспособности при систематических тренировках на фоне фазы суперкомпенсации.



## **Кумулятивный тренировочный эффект**

- изменения, возникающие в результате суммирования срочных и отставленных эффектов, на основе которых формируются *новые программы и механизмы адаптации.*

В кумулятивном эффекте изменения основаны на **увеличении синтеза нуклеиновых кислот и белков, способствующих развитию долговременной адаптации.**

**Это приводит:**

- к улучшению физического и функционального развития;
- к повышению работоспособности.

**Результатом таких изменений является установление двух физиологических закономерностей:**

- увеличение функциональных резервов;
- повышение экономичности (эффективности)

**деятельности различных органов и систем организма.**

## ***В этапных комплексных исследованиях***

**при оценки кумулятивного тренировочного эффекта регистрируют изменения функциональных показателей и проводят их анализ каждые 2–3 месяца в покое, во время и после выполнения физических нагрузок.**

**Для чего используют нагрузочные тесты с помощью велоэргометра, тредбана, степ-теста и др.**

**Количество этапов зависит от возраста, пола, подготовленности школьников и педагогических задач урока. Основной задачей этапного контроля является проведение анализа:**

- спортивных результатов;**
- уровня и гармоничности физического развития;**
- функционального состояния школьника;**
- величины физической работоспособности;**
- установления наиболее эффективных нагрузок развивающего воздействия.**

После расчета соотношения нагрузок разной направленности, необходимо сопоставить полученные результаты с показателями **кумулятивного эффекта нагрузки.**

Надежность полученных данных зависит от информативности тестов, используемых в процессе этапного контроля.

В школьных условиях для регистрации наиболее приемлемы :

- частота сердечных сокращений, артериальное давление;
- расчетные методы энергетических затрат;
- физическая работоспособность с использованием пробы Летунова; Гарвардского степ – теста; МПК ;  $PWC_{170}$
- оценка функциональных сдвигов;
- характеристика восстановительных процессов.

**Существенное значение в положительном влиянии урока физкультуры имеет продолжительность интервала отдыха между нагрузками.**

Если нагрузки невелики и отдых между ними достаточен

- школьники работали при **аэробном энергообеспечении;**
- если нагрузки большие, а отдых мал для восстановления
- школьники работали при **анаэробном энергообеспечении.**

Наиболее доступными методиками для определения энерготрат являются различные расчетные показатели

Энерготраты в состоянии абсолютного покоя (основной обмен)

рассчитывают по формуле Рида:

$$E = 0,25 ( ЧСС + 0,74 \times ПД \times 72 )$$

где: E — энерготраты в ккал/сут;

ПД — пульсовое артериальное давление в мм рт.ст.

Широкое распространение для этих целей получила формула

Брейтмана:

$$E = 0,75 \times ЧСС + 0,5 \times ПД - 74,$$

где: E — энерготраты в % от стандартов Гарриса и Бенедикта.

В физиологии труда и спорта общие энерготраты организма (E общ.) рассматривают как сумму энергетических расходов в покое (E пок.) и при нагрузке (E нагр.):  $E \text{ общ.} = E \text{ пок.} + E \text{ нагр.}$



**При этом энерготраты в покое рассчитывают по формуле:**

$$E_{\text{покоя}} = W_{\text{исход}} \times 0,014 ;$$

где:  $E_{\text{пок.}}$  — мощность энерготрат в покое, ккал/мин;  
 $W_{\text{исх.}}$  — исходная мощность функционирования организма в Вт;  
0,014 — коэффициент пересчета Вт в ккал/мин.

**Энерготраты при выполнении физических нагрузок рассчитывают по формуле:**

$$E_{\text{ф/наг}} = W_{\text{нагр}} \times 0,014 \times 5 ;$$

где:  $W_{\text{нагр.}}$  — мощность функционирования организма в процессе выполнения физической работы в Вт;  
5 — коэффициент перерасчета энерготрат организма при выполнении работы на велоэргометре с КПД = 20%.

**Достаточную информацию дает частота пульса, подсчитанная в течение 10 с – троекратно: непосредственно после работы -10 с, 30-40 с, 60-70 с. после окончания урока**

**В результате получают три показателя пульса (П1, П2, П3), которые подвергают дальнейшей математической обработке и анализу.**

**Считают, что величина П1 характеризует реактивность сердечнососудистой системы на физическую нагрузку, П2 и П3 — эффективность её восстановления.**

**Комплексную оценку состояния сердечнососудистой системы осуществляют на основании суммы трех показателей (П1 + П2+П3).**

**Более достоверные данные о динамике восстановительных процессов в организме школьников дают два индекса восстановления пульса после окончания урока (ИВП1 и ИВП2), которые рассчитывают по следующим формулам:**

$$\text{ИВП1} = [(П2 - П1) : П1] \times 100;$$

$$\text{ИВП2} = (П3 - П1) : П1$$

**Чем больше величины ИВП1 и ИВП2, тем быстрее происходит восстановление сердечнососудистой системы и тем экономичнее школьник выполняет физические нагрузки на уроке.**