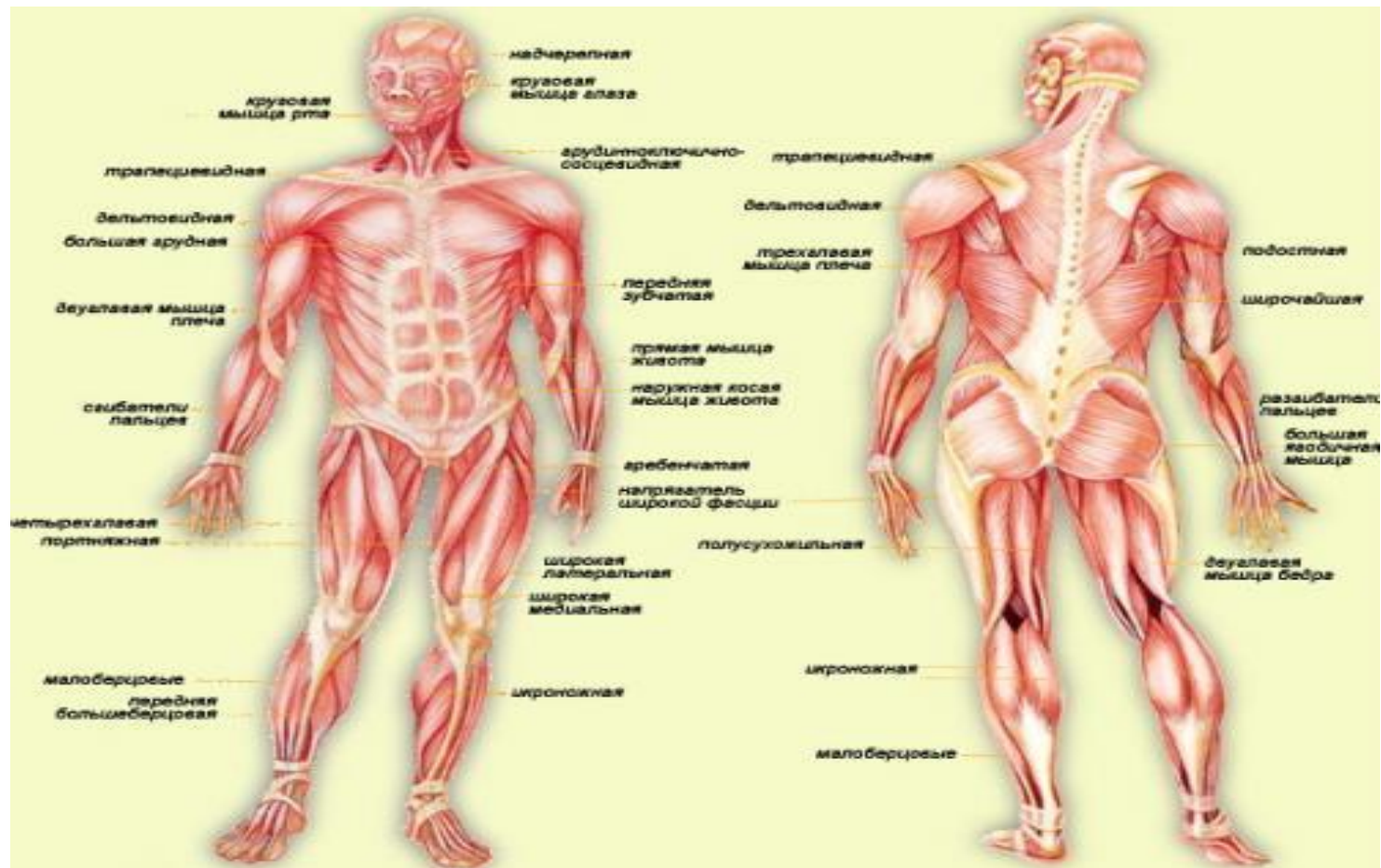


# ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

## МОДУЛЬ III

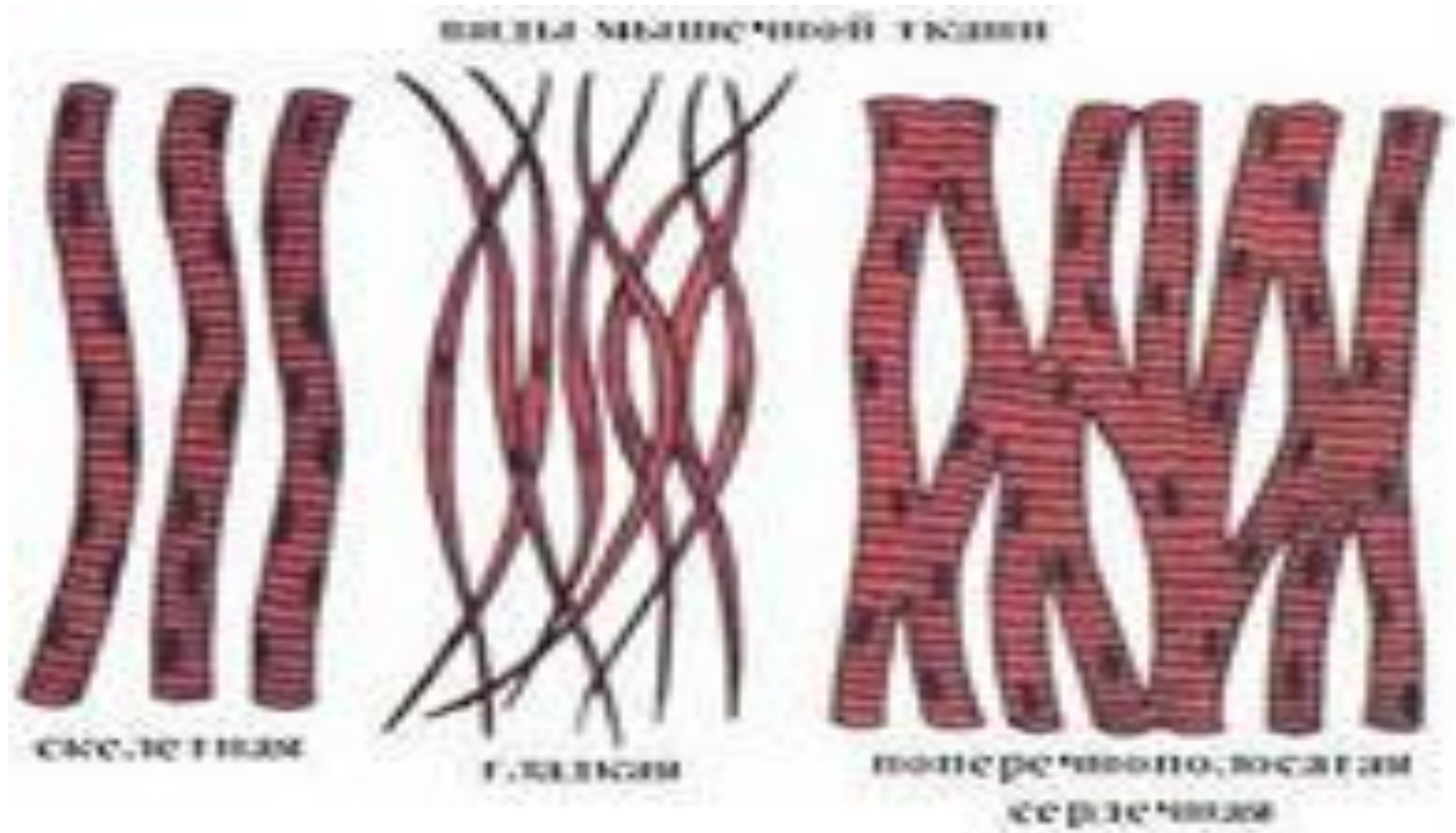
### Лекция 1

## 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



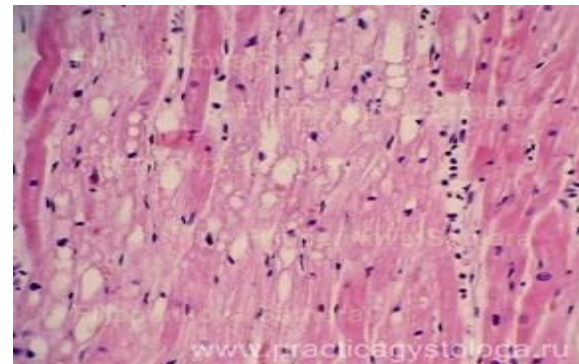
## **Гладкие мышцы - одноядерные клетки**

**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

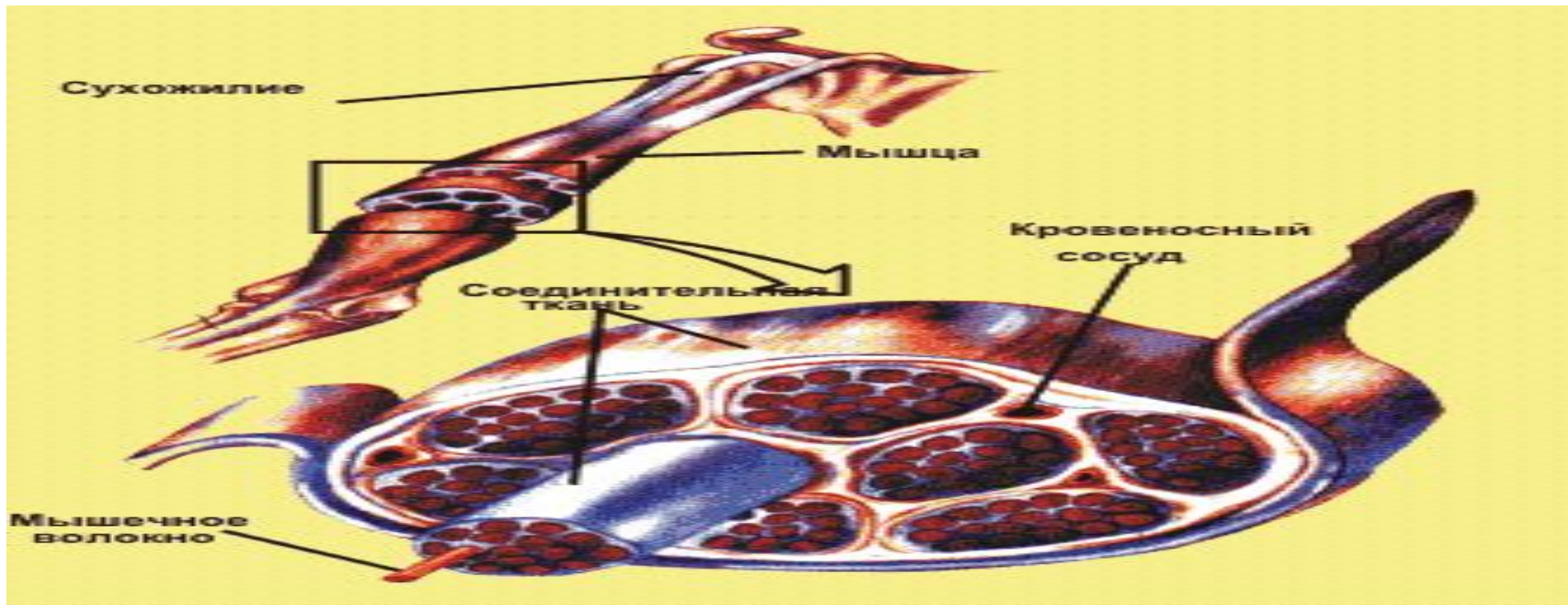
**Сердечная мышца - многоядерные клетки,**

**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:**

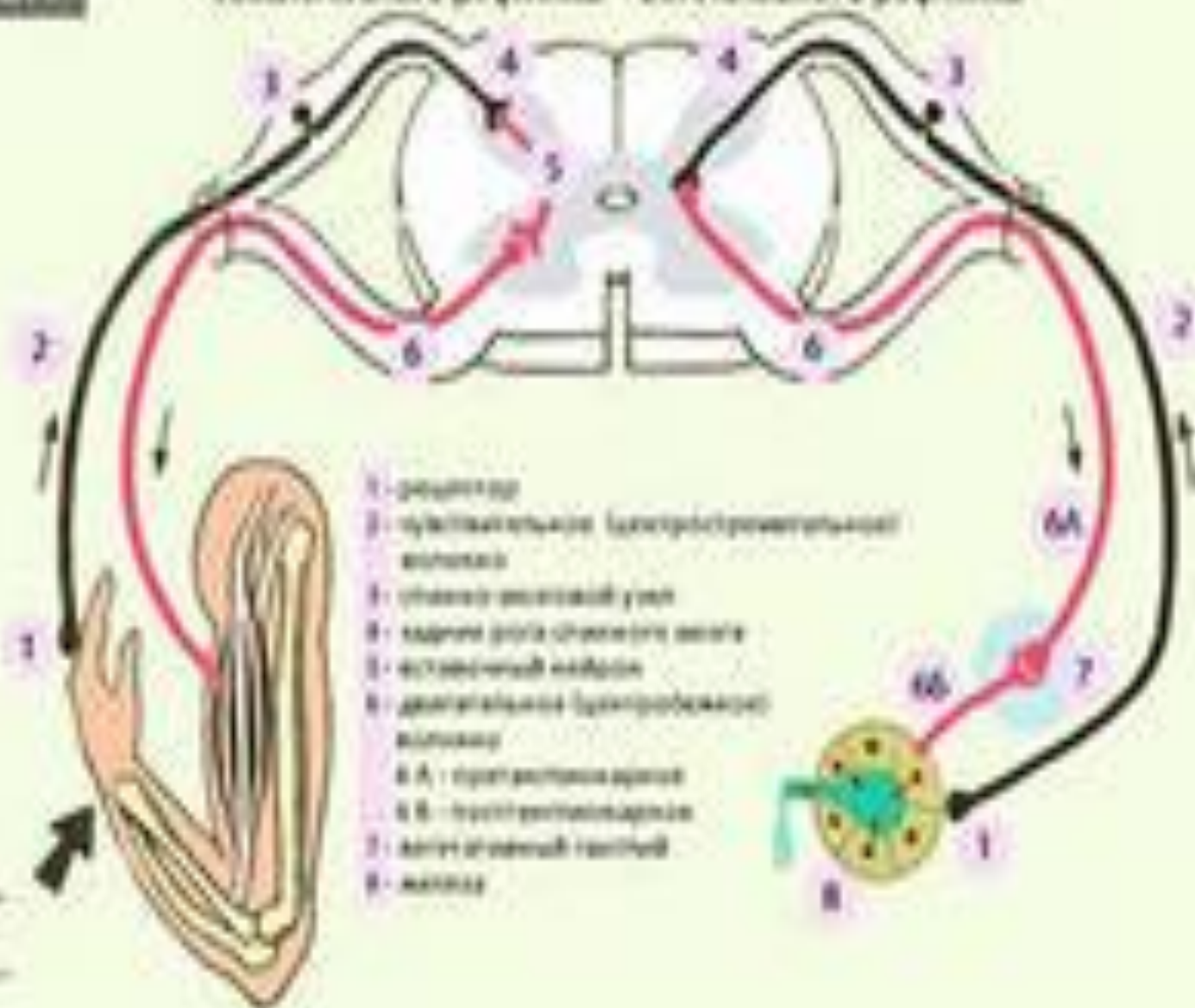
### **«Прямая связь»**

**- 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**

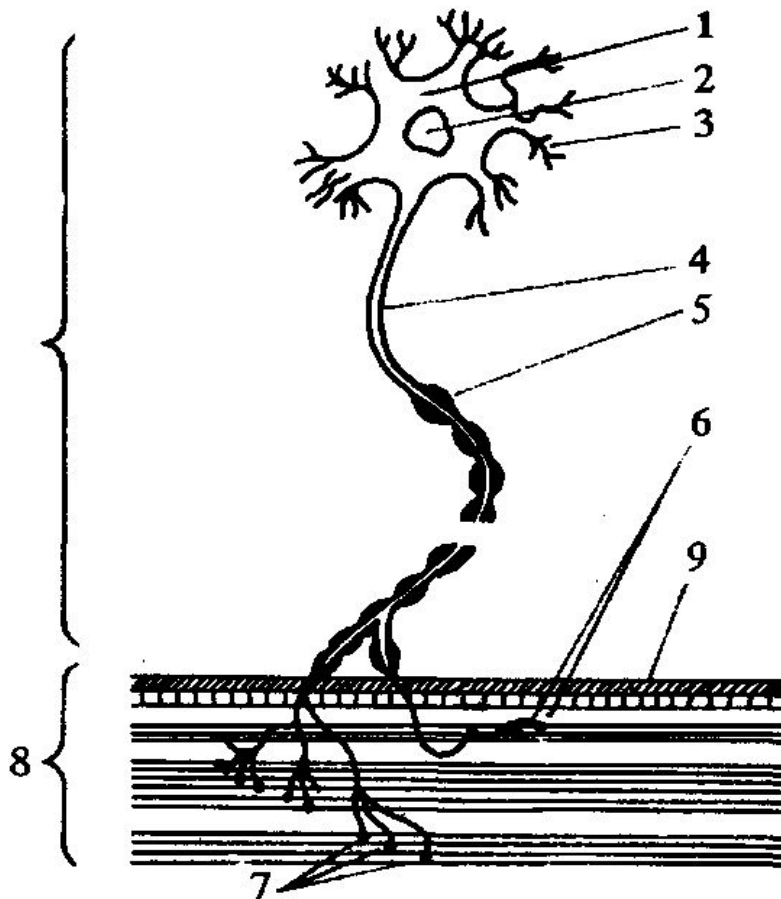
# Рефлекторная дуга соматического рефлекса - вегетативного рефлекса





# 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 пари 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

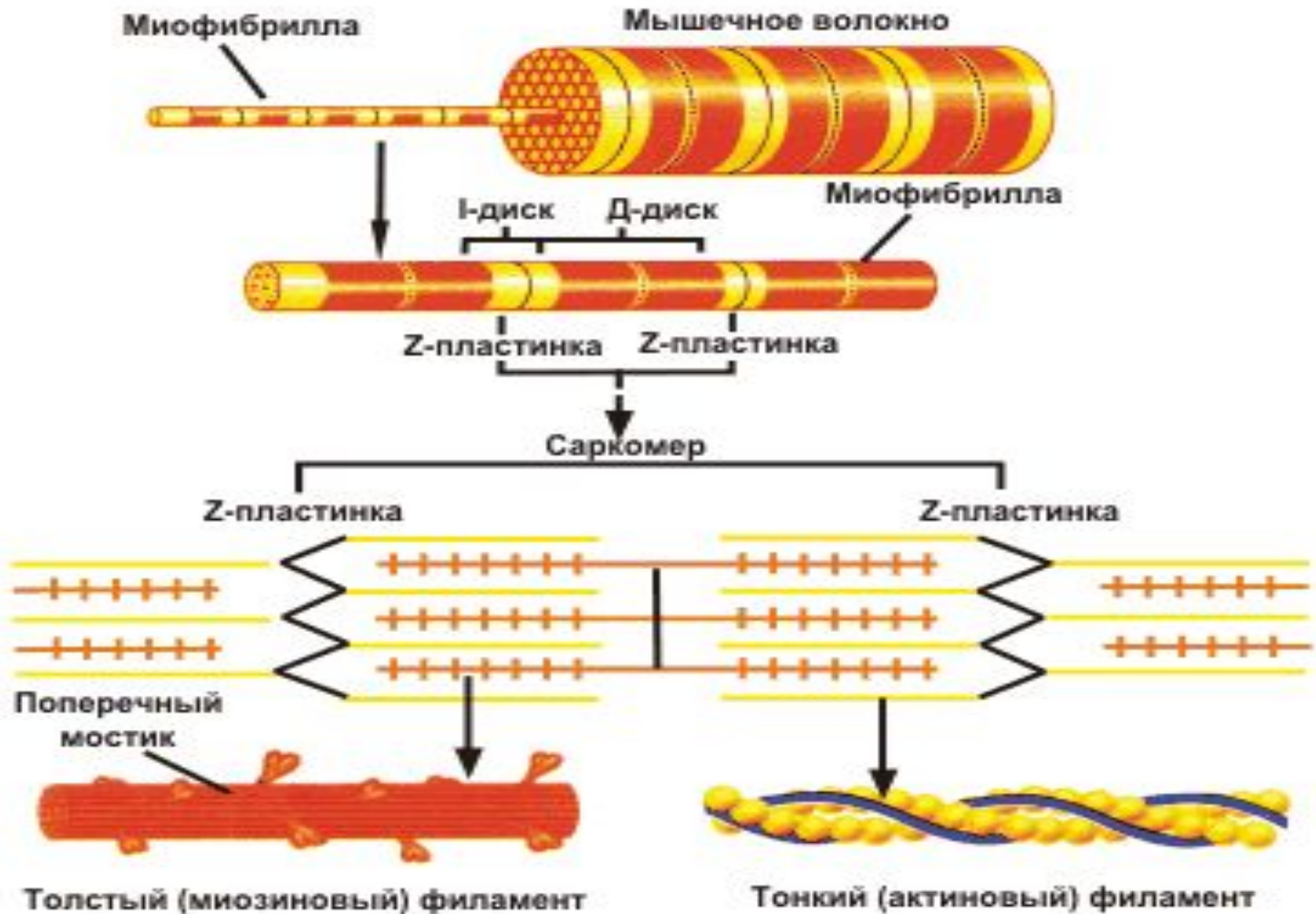
Суммарное количество мышечных волокон в мышце устанавливается в возрасте 4 – 5 месяцев.

**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  $\text{Ca}^{2+}$ ).

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***

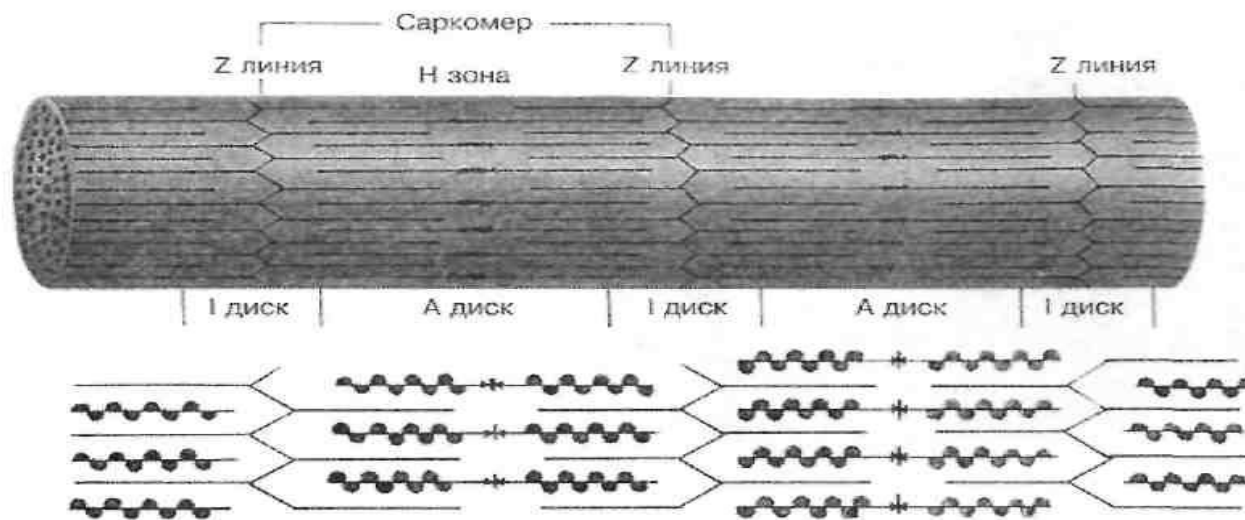
Миофибриллы разделены ***Z – мембранами*** на отдельные участки – **саркомеры**

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

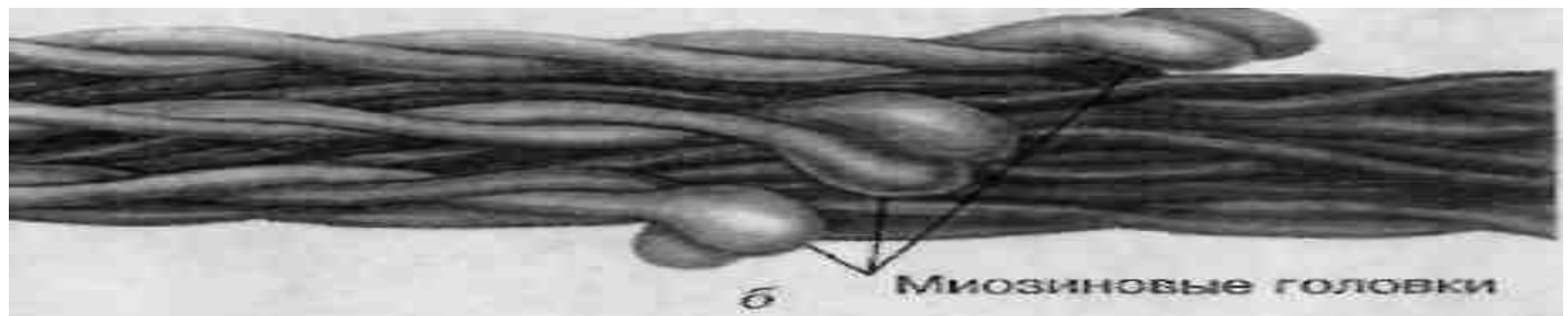
состоит из *трех разных белковых молекул:*

*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

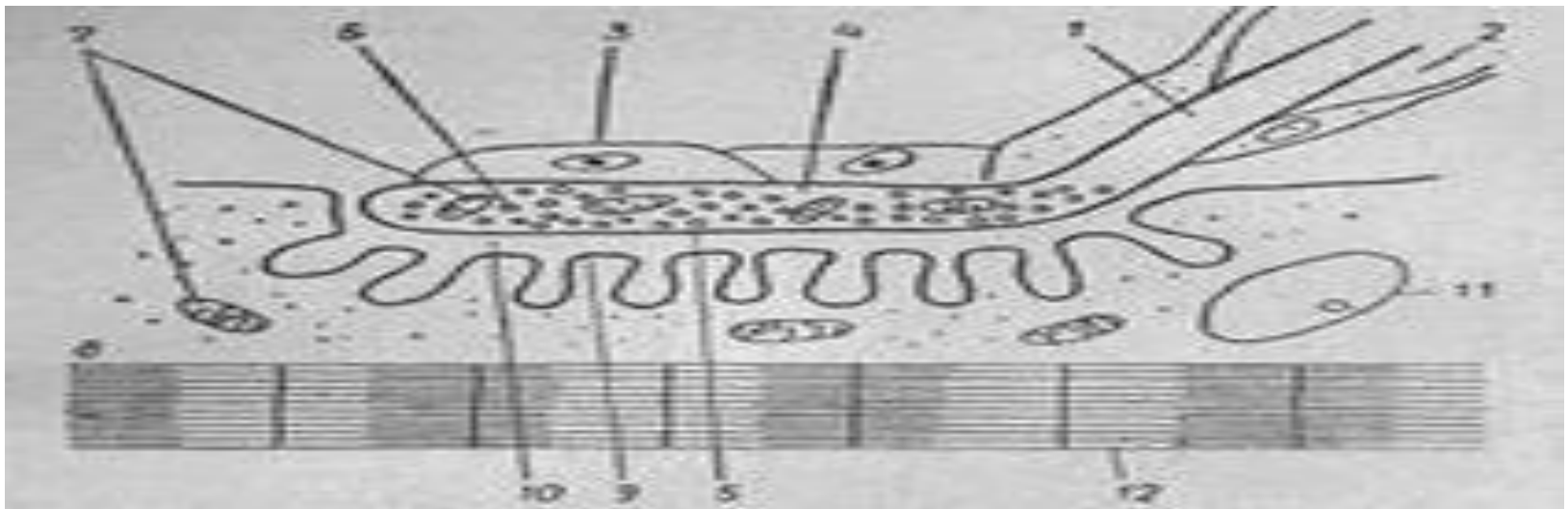
## МОДУЛЬ III

### 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)**

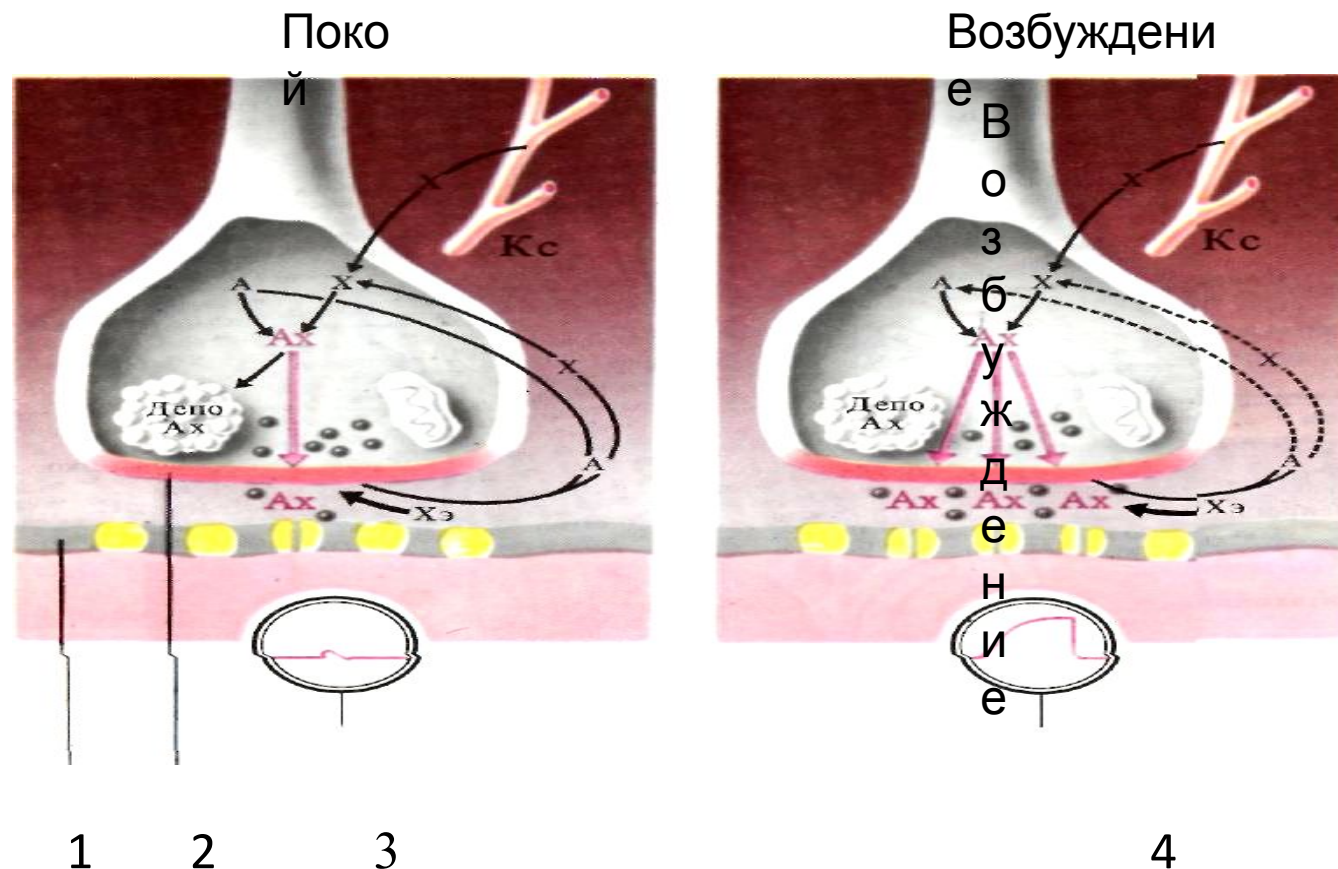


Мионевральный синапс



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  $\text{Ca}^{+2}$  .
5. Процесс продолжается до тех пор, **пока концы миозиновых нитей не достигнут Z- линии**. При этом, актиновые нити ещё больше сближаются, выходя в Н-зону, перекрывают её, и она становится невидимой

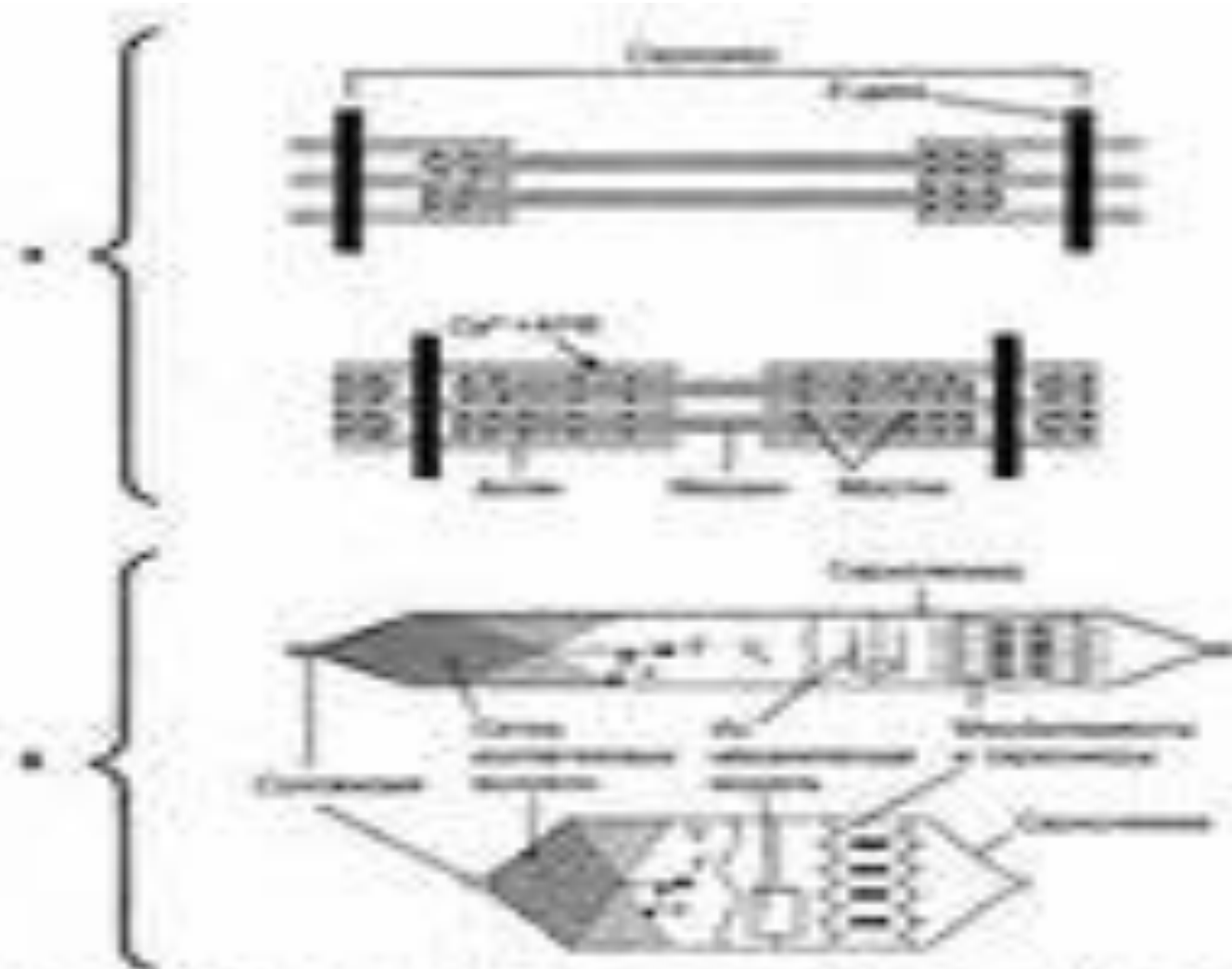


Fig. 1.1. Schematic diagram of a ship's hull structure. The diagram shows the hull structure of a ship, including the deck, bulkheads, stowage, cargo, hull, keel, rudder, propeller, screw, shaft, engine, machinery, fuel, water, air, vent, exhaust, smoke, steam, gas, oil, lubricant, coolant, heating, ventilation, lighting, power, communication, navigation, armament, defenses, sensors, weapons, targets, threats, environment, weather, sea, wind, current, tide, moon, sun, stars, planets, galaxy, universe.



## 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!!!**

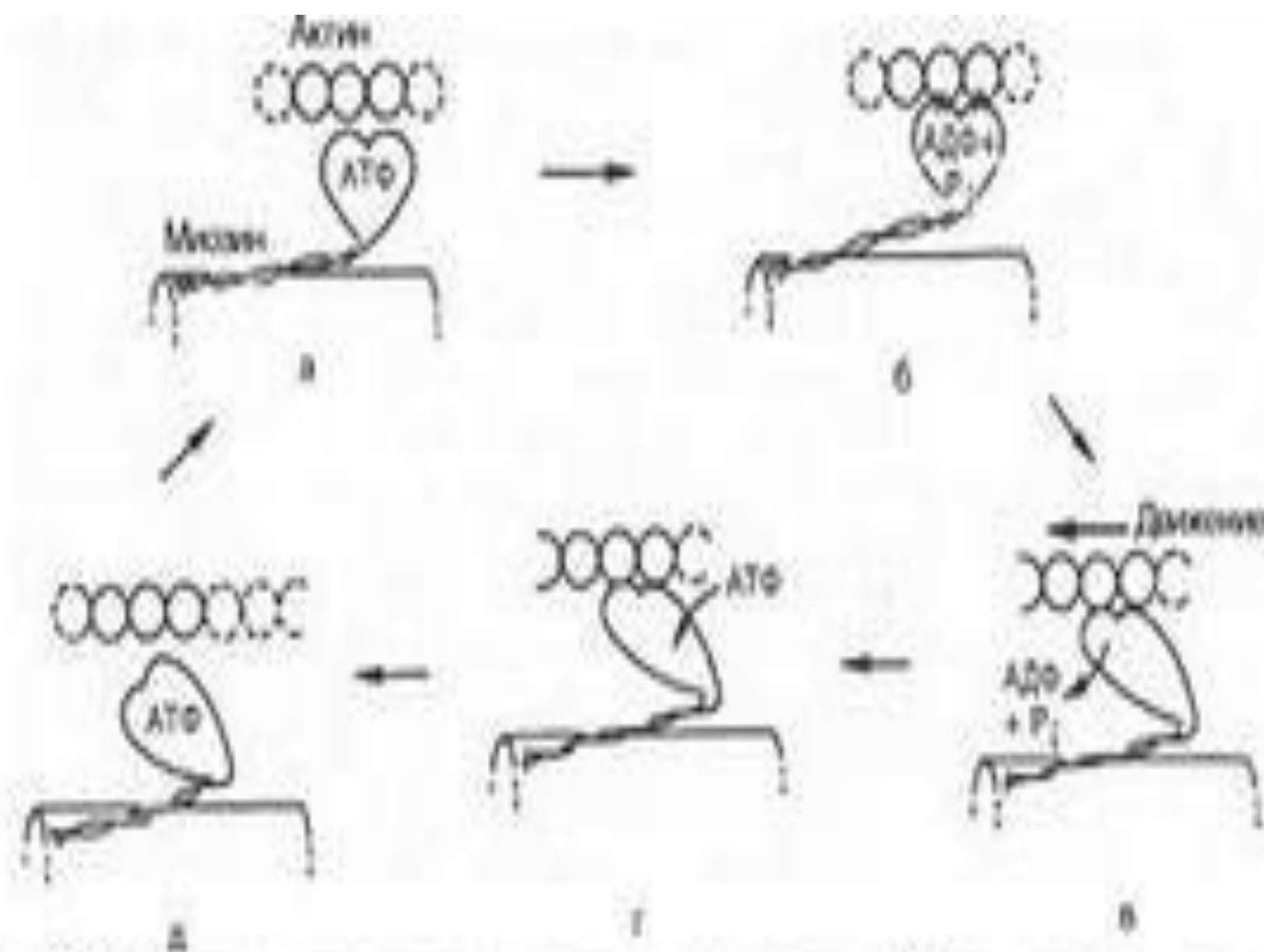
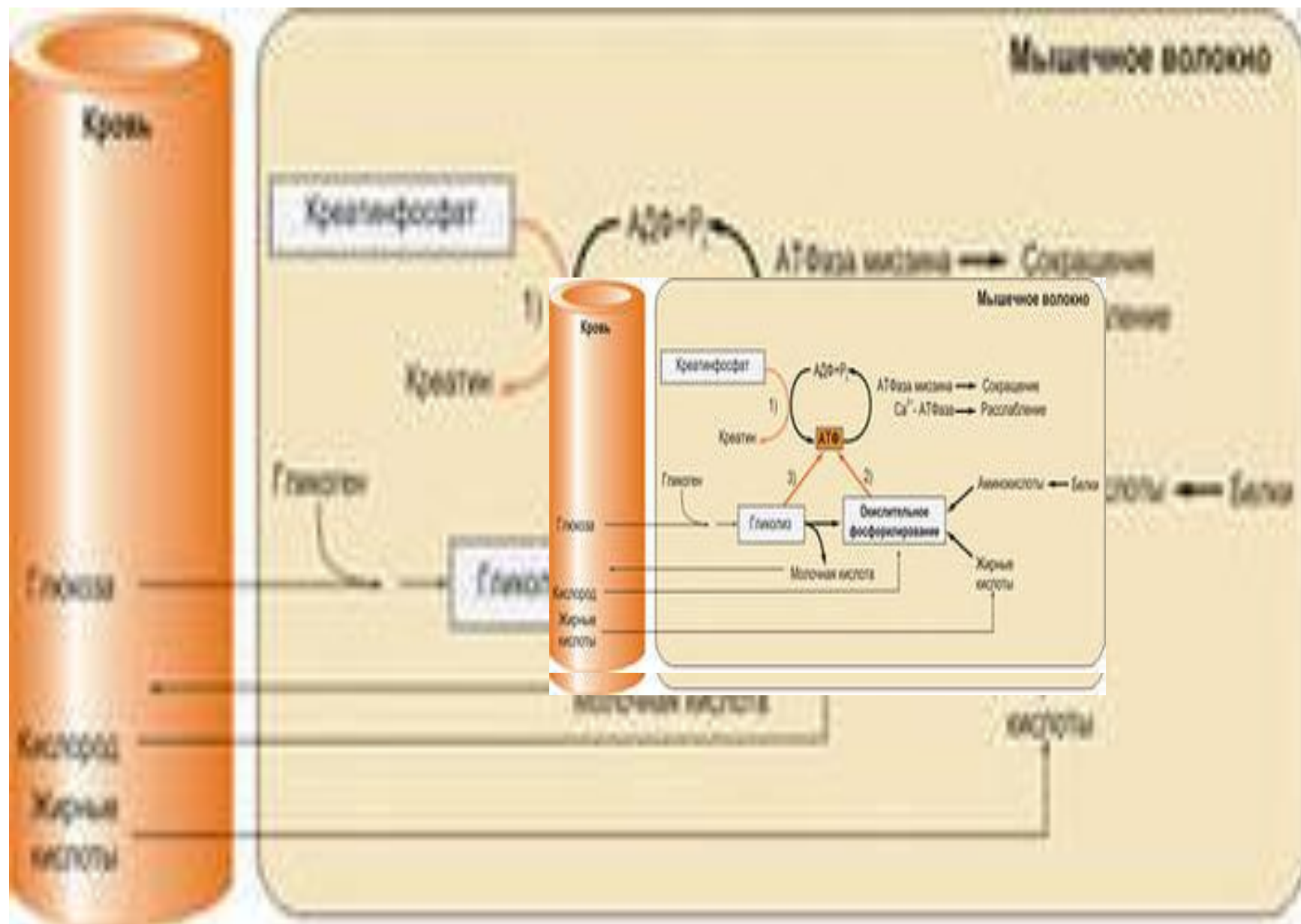


Рис. 20.8. Биохимический цикл мышечного сокращения. Объяснение в тексте.





## 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:

$$\text{АТФ} = \text{АДФ} + \text{Фн} + Q$$

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<br/>мощность, моль<br/>АТФ/мин</b> | <b>Емкость,<br/>общее число<br/>молей АТФ</b> |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Фосфагенная<br/>(АТФ + рФ)</b>        | <b>3,6</b>                                         | <b>0,5</b>                                    |
| <b>Лактаcidная<br/>(гликолитическая)</b> | <b>1,2</b>                                         | <b>1,2</b>                                    |
| <b>Кислородная (окислительная)</b>       |                                                    |                                               |
| <b>Окисление гликогена<br/>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 30ммоль/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  $O_2$*  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:**  $A = P \cdot h$  (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

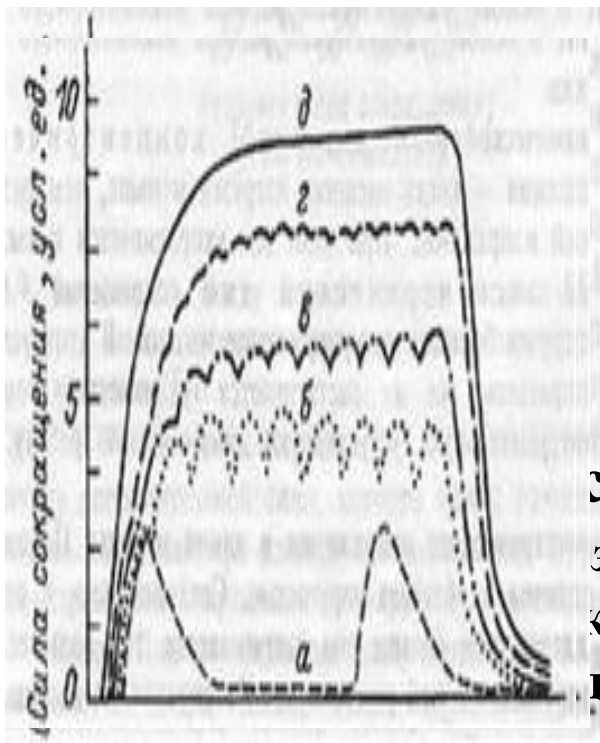
При тетаническом сокращении раздражающие стимулы приходят к мышечному волокну один за другим и интервалы между ними короче, чем длительность одиночного сокращения.

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

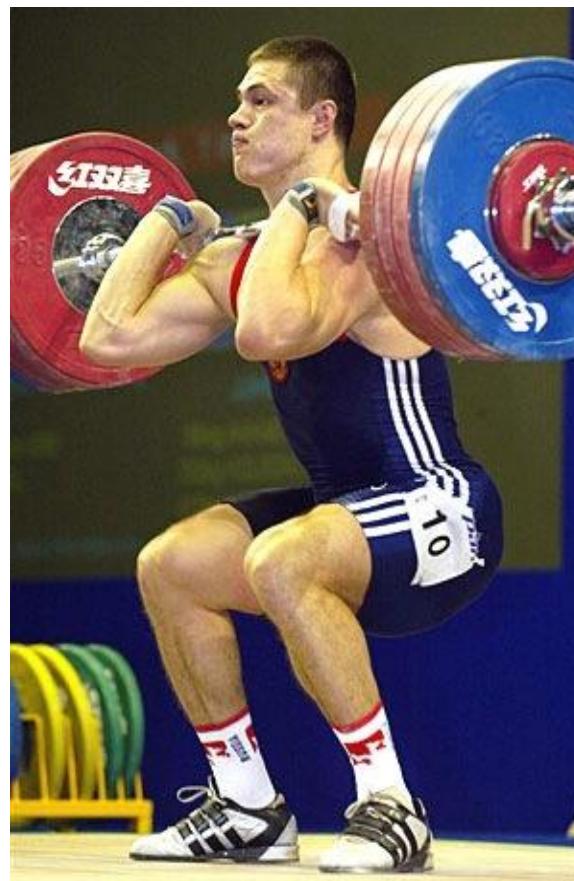
Таким образом:

- 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 развивать 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 \_\_\_\_

| №<br>п/п | Время до<br>окончания<br>урока | Двигател<br>ьные<br>действия | Объяснение<br>и показ<br>учителя | Вспомога<br>тельные<br>действия | Отдых   | Прост<br>ой |
|----------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------|-------------|
| 1        | одная часть<br>урокаВв         | 2 мин                        | 0,,5                             | 0,5                             |         |             |
| 2        | Основная<br>часть урока        | 9, мин                       | 3,5 мин                          | 1,5 мин                         | 1,5 мин |             |
| 3        | Заключительн<br>ая             | 5 мин                        | 2,0 мин                          | 1,0 мин                         | 0,5 мин |             |
|          | Часть урока<br>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 интервалом 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 (пролонгированный) 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.**

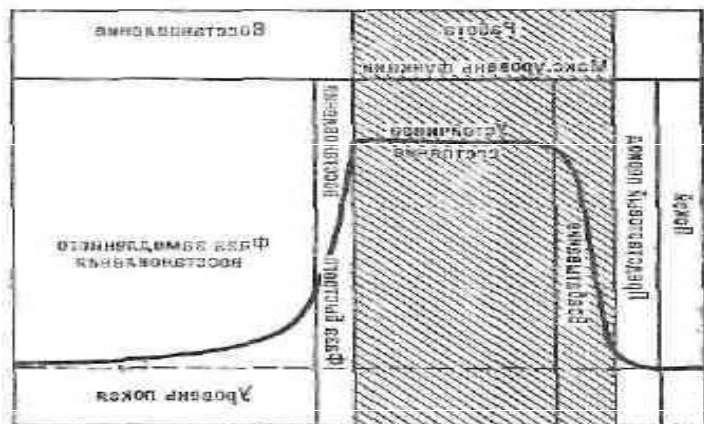
Для оценки отставленного эффекта тренировки используют *текущий контроль*, который предусматривает регистрацию нагрузок и их влияния на организм за 5 – 10 уроков

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

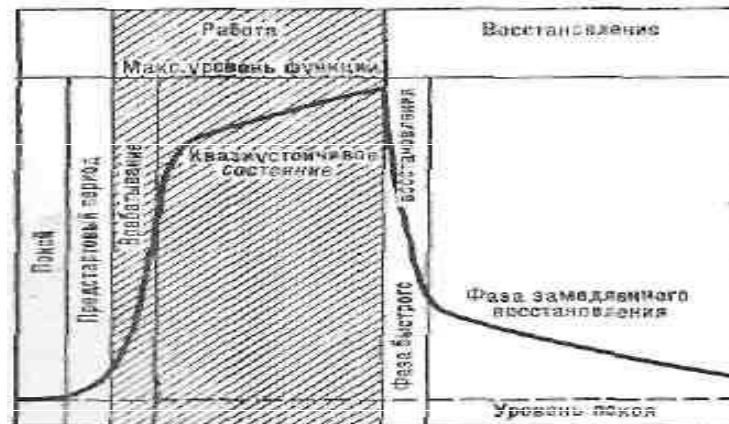
**Контроль проводят на основе оценки  
восстановления основных функций организма  
в зависимости от объема выполненной нагрузки.**

**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 .**

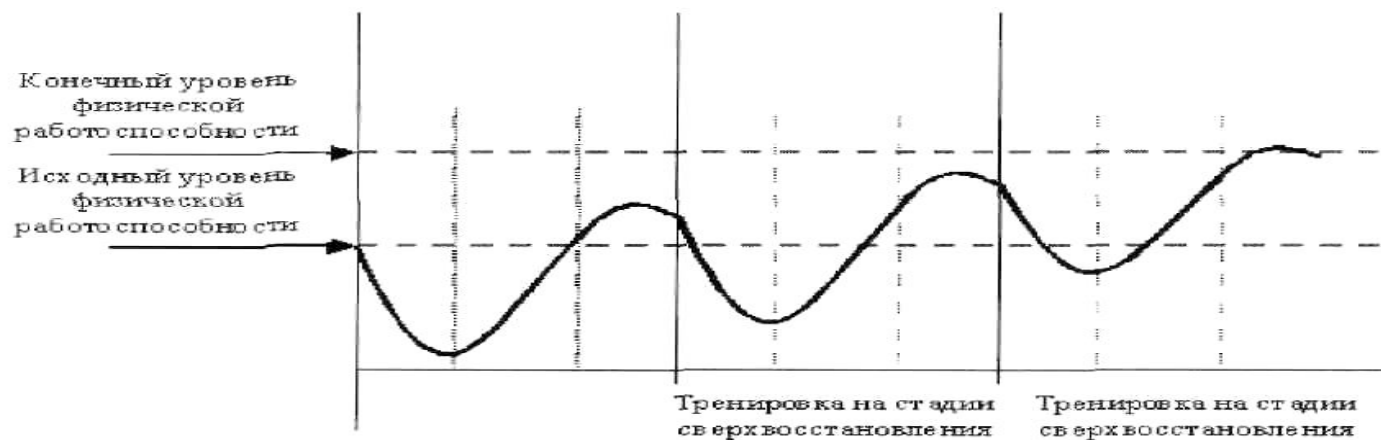


а



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:

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

где: E — энерготраты в ккал/сут;

ПД — пульсовое артериальное давление в мм рт.ст.

Широкое распространение для этих целей получила формула

Брейтмана:

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

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 урок

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.