

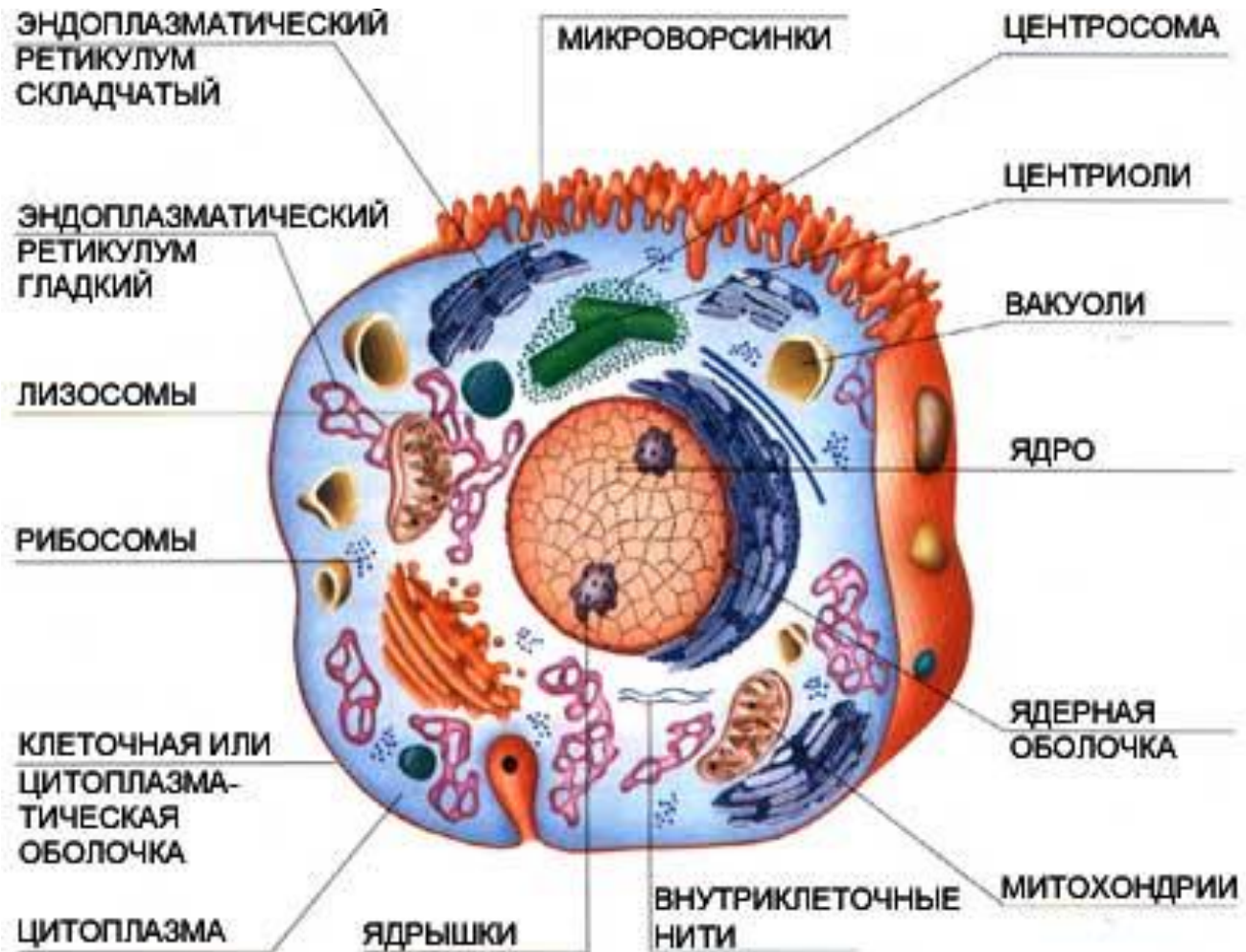
# **Функциональная анатомия мышечной системы**



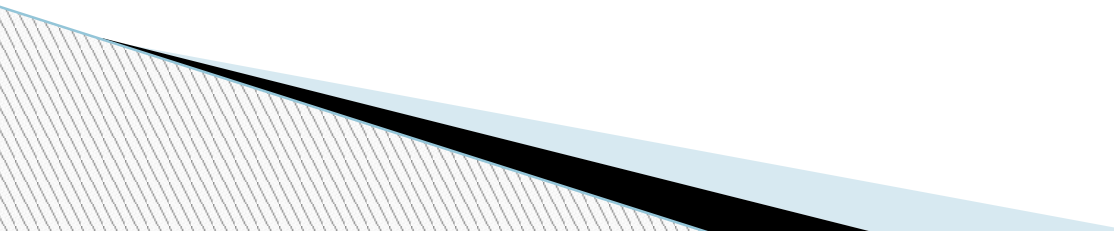
# III. МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ

ОСНОВНАЯ ТКАНЬ МЫШЦ, СОСТАВЛЯЮЩАЯ ДО 40% МАССЫ ТЕЛА. ЕЕ КЛЕТКИ СОЕДИНЕНЫ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНЬЮ.

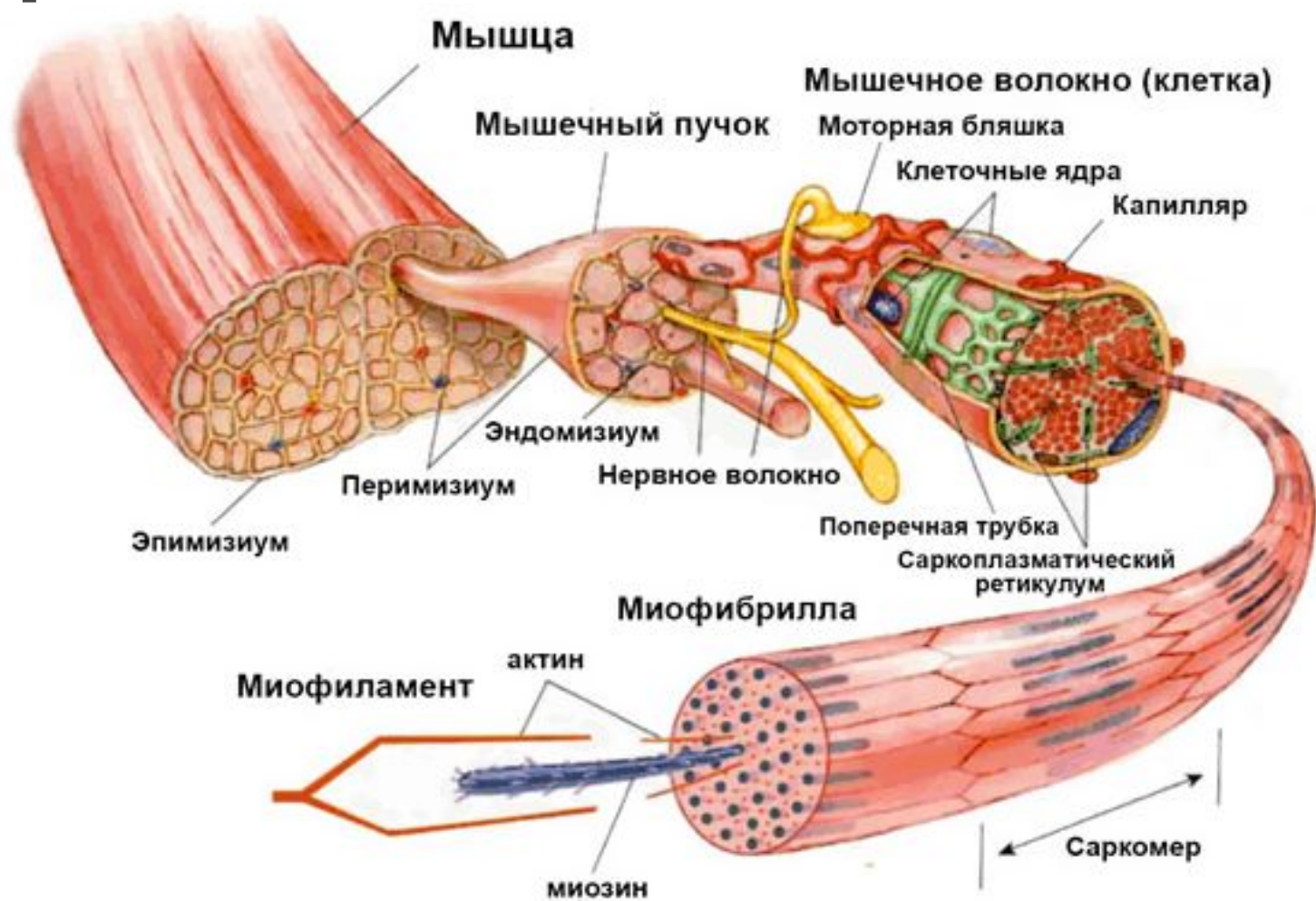
НАЗВАНИЕ	Поперечно-полосатая скелетная	Поперечно-полосатая сердечная	гладкая
СТРОЕНИЕ	Длинные клетки, содержат несколько ядер, состоят из волокон	Клетки разветвляются на концах	Веретеновидные клетки, собранные в пучки
ФУНКЦИИ	Обеспечивает движение	Обеспечивает движение сердечной мышцы	Движение гладких мышц, передвижение содержимого трубчатых органов
РИСУНОК			



# Строение мышечного волокна

1. Сарколемма – клеточная мембрана.
  2. Саркоплазма – внутриклеточная жидкость. В ней располагаются клеточные органеллы
  3. Т – трубочки (поперечные трубочки, Т - система)
  4. Продольные трубочки и цистерны
- 

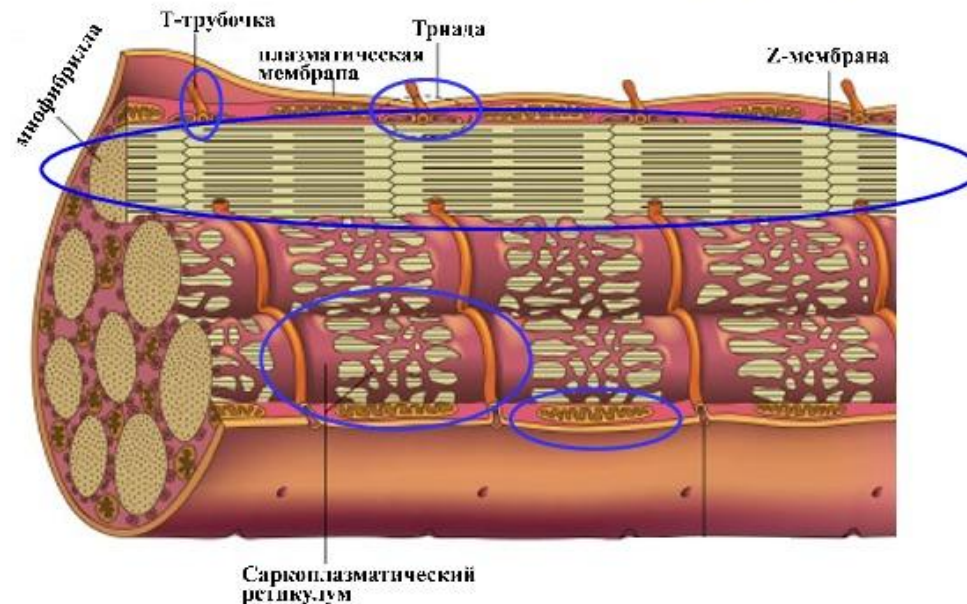
# Строение мышечного волокна



# Строение мышечного веретена

## СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

- миофибриллы, состоящие из *саркомеров*;
- *саркоплазматический ретикулум* - депо  $Ca^{++}$ ;
- митохондрии;
- плазматическая мембрана мышечного волокна имеет впячивания (продольные *T-трубочки*), которые вместе с цистернами саркоплазматического ретикулума образуют *T-системы (триады)*.



# Мышечное сокращение

- Сокращение мышц происходит под воздействием нервных импульсов, которые активируют нервные клетки спинного мозга – *мотонейроны*, ответвления которых - *аксоны* подведены к мышце.
- Каждый мотонейрон управляет группой мышечных клеток. Такие группы получили название – *нейромоторные единицы*, благодаря которым человек может задействовать в работе часть мышцы. Поэтому, мы можем сознательно контролировать скорость и силу сокращения мышц

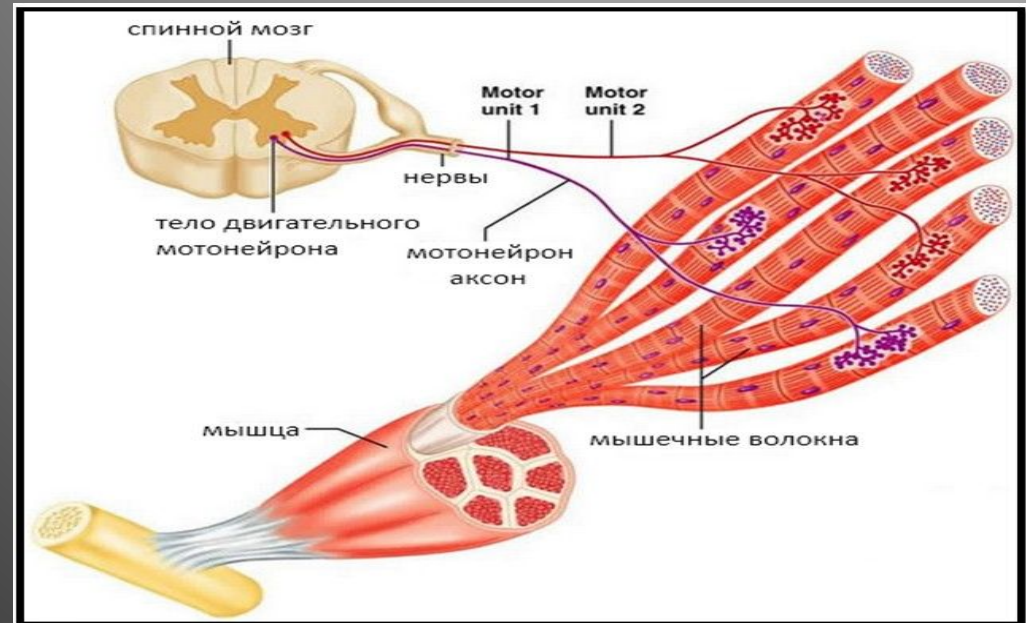
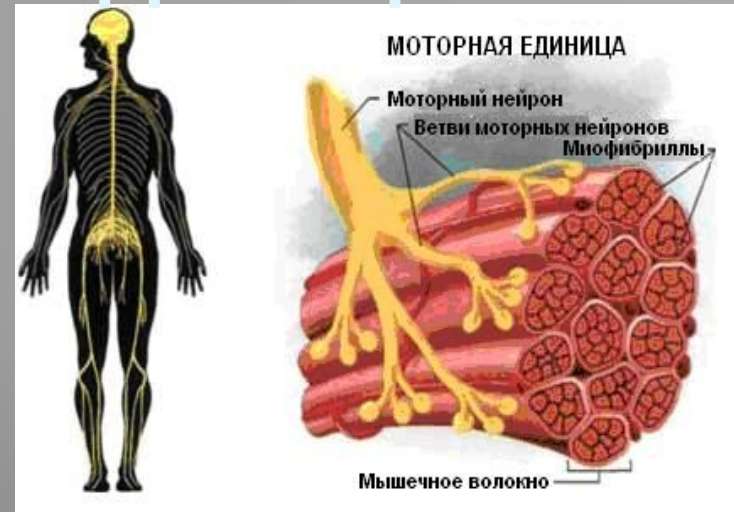
# Двигательная единица

## Двигательная единица мышцы

- основной элемент нервно мышечного аппарата мышцы

Включает:

- мотонейрон спинного мозга;
- аксон;
- мышечное волокно





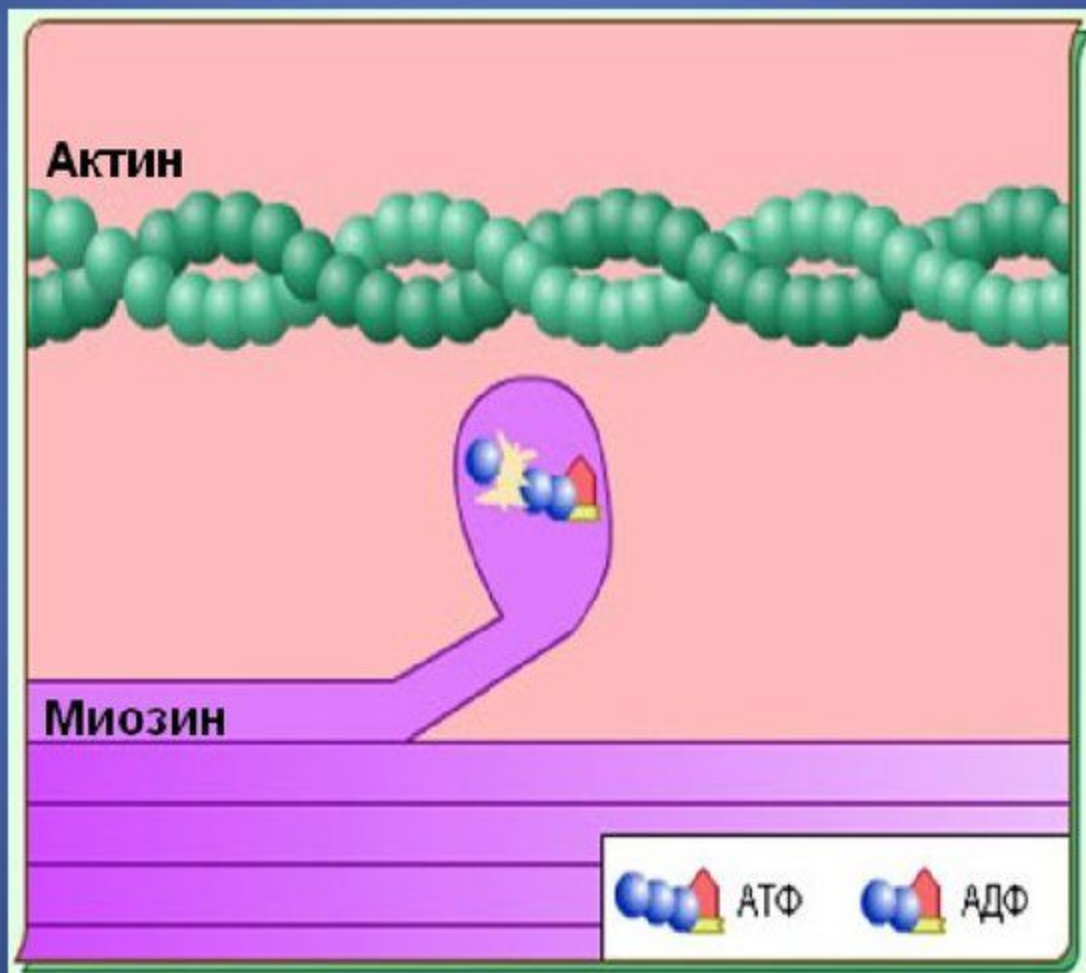


# Механизм мышечного сокращения

□ Раздражение рецептора – возникновение потенциала действия – проведение его вдоль клеточной мембраны – по Т-системе- выход ионов  $Ca$  в саркоплазму– формирование актомиозинового (сократительного ) комплекса (распад АТФ) - скольжение нитей актина и миозина (укорочение) – прекращение возбуждения – распад актомиозинового (сократительного) комплекса (распад АТФ) – «кальциевая помпа» – расслабление.

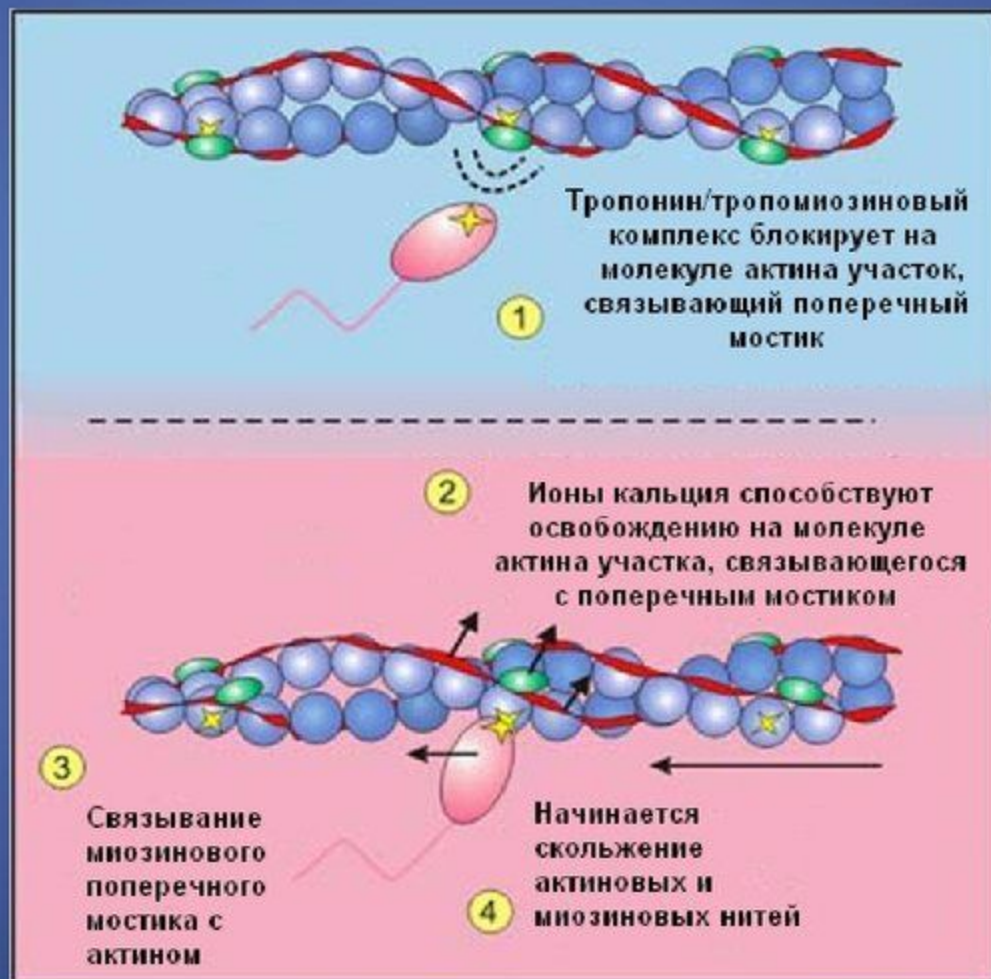
Механизмы сокращения и расслабления мышечного волокна.  
Энергетика мышечного сокращения

Взаимодействие актиновых и миозиновых нитей  
(микрофиламентов), образование поперечного мостика



# Механизмы сокращения и расслабления мышечного волокна. Энергетика мышечного сокращения

## Переход в мышце от состояния расслабления к сокращению



# Пути ресинтеза АТФ

## 1. Креатинфосфокиназный путь

(АДФ + креатинфосфат = АТФ + креатин)

## 2. Гликолитический путь (анаэробный ресинтез)

(АДФ + гликоген = АТФ + молочная кислота)

## 3. Окислительное фосфорилирование (аэробный ресинтез)

(АДФ + липиды = АТФ + мочевины)

# Анаэробный ресинтез АТФ

Два пути:

1. Креатинфосфатный ресинтез АТФ
2. Гликолитический ресинтез АТФ

# *1. Креатинкиназный путь*



1. Максимальная мощность – 900-1100 кал/мин-кг

2. Время развертывания – 1-2 сек

3. Время работы с максим. скоростью – 8-10 сек

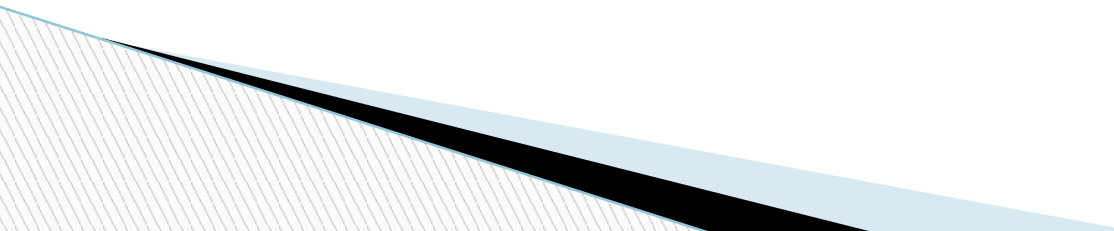
## 2. Гликолитический путь (гликолиз)



1. Максимальная мощность – 750-850 кал/мин-кг
2. Время развертывания – 20-30 сек
3. Время работы с максим. мощностью – 2-3 мин



# АЭРОБНЫЙ ПУТЬ РЕСИНТЕЗА АТФ

- В ходе тканевого дыхания от окисляемого вещества отнимается 2 атома водорода и присоединяется к кислороду с образованием воды. За счет энергии происходит ресинтез АТФ из АДФ.
  - В процесс вовлекаются углеводы, жиры и аминокислоты.
  - Активаторы процесса: АДФ и углекислый газ
  - Максимальная мощность: 350-450 кал/мин – кг
  - Время развертывания – 3-4- мин
  - Время работы с мах. мощностью – десятки минут
- 

<b>Процесс</b>	<b>Время восстановления</b>
<b>Восстановление O<sub>2</sub>-запасов в организме</b>	10-15 с
<b>Восстановление алактатных анаэробных резервов в мышцах</b>	2-5 мин
<b>Оплата алактатного O<sub>2</sub>-долга</b>	3-5 мин
<b>Устранение молочной кислоты</b>	30-90 мин
<b>Оплата лактатного O<sub>2</sub>-долга</b>	30-90 мин
<b>Ресинтез внутримышечных запасов гликогена</b>	12-48 ч
<b>Восстановление запасов гликогена в печени</b>	12-48 ч
<b>Усиление индуктивного синтеза ферментных и структурных белков</b>	12-72 ч

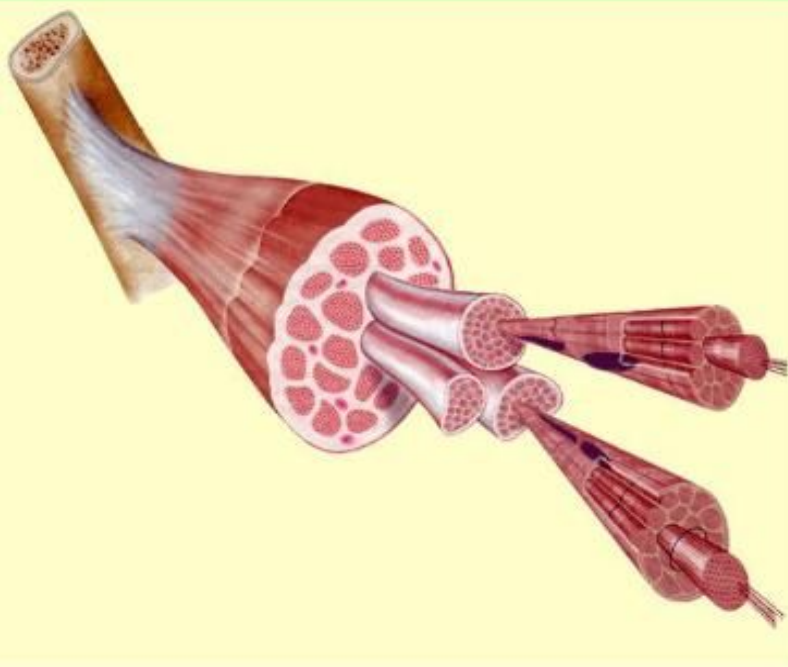
<b>Зона мощности</b>	<b>Продолжительность работы</b>	<b>O<sub>2</sub>-запрос, л/мин</b>	<b>O<sub>2</sub>-долг, Лмин.</b>	<b>Основные пути ресинтеза</b>	<b>Основные источники энергии</b>	<b>Продолжительность восстановительного периода</b>
<b>Анаэробно-алактатная направленность</b>						
<b>Максимальная</b>	до 30-45 с	7-14	6-12	КрФ-реакция, гликолиз	АТФ, КрФ, гликоген	до 1 ч
<b>Анаэробно-гликолитическая</b>						
<b>Субмаксимальная</b>	30 – 250 с	20-40	20 (50-90%)	Гликолиз, КрФ	КрФ, гликоген, липиды	2-5 ч
<b>Смешанная анаэробно-аэробная</b>						
<b>Большая</b>	5-50 мин	50-150	20 (30%)	Аэробное окисление, гликолиз	Гликоген, липиды	5-24 ч
<b>Аэробная направленность</b>						
<b>Умеренная</b>	Более 1 ч	500-1500	5	Аэробное окисление	Гликоген, липиды	Более 24 ч

# Характеристика путей ресинтеза АТФ

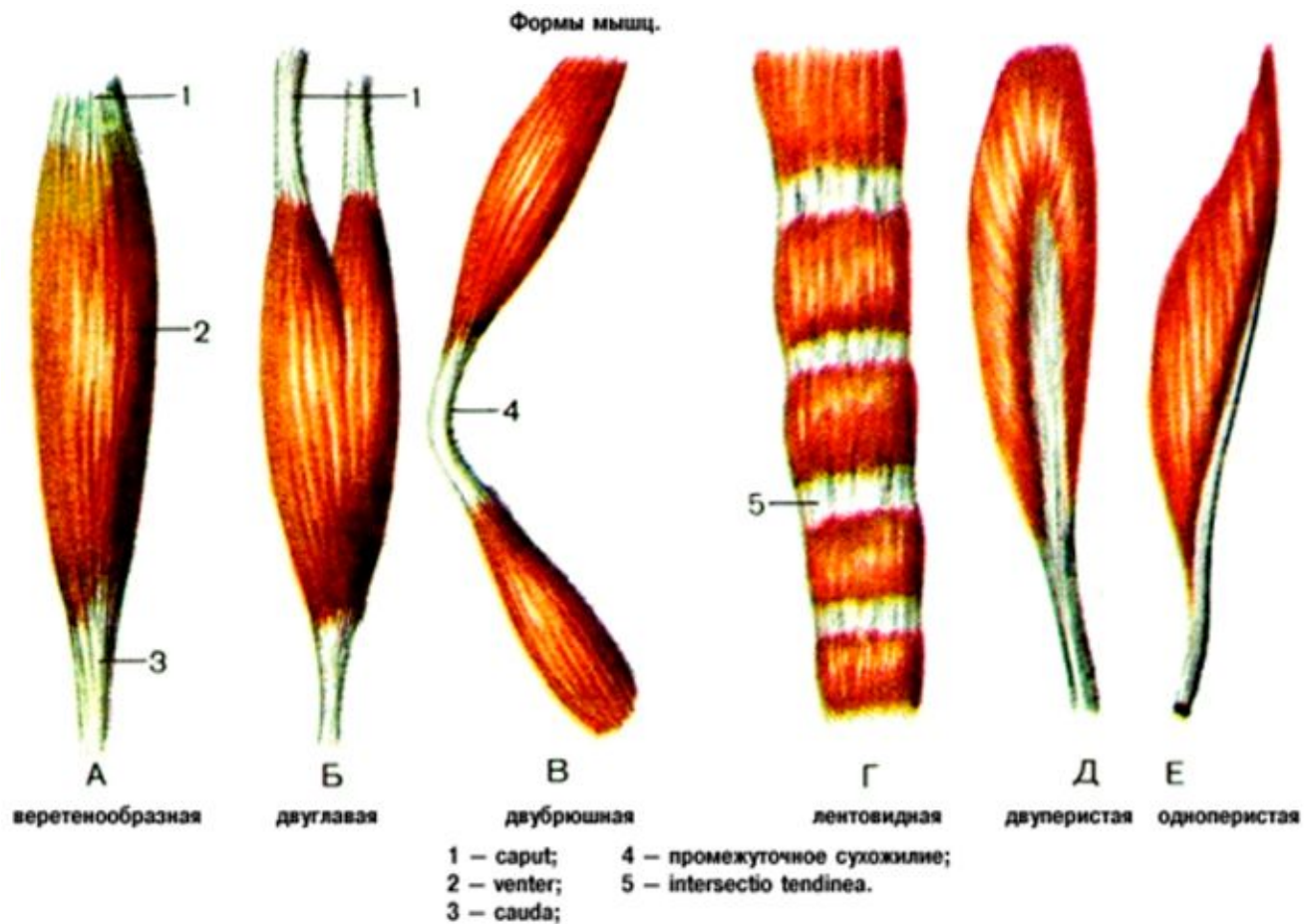
Пути ресинтеза	Мощность ккал/кг мин	Метаболическая емкость	Подвижность (время включения)	Эффективность использования %
<b>Креатинкиназный путь</b>	900	6-7 сек	2 сек	70- 80
<b>Гликолиз</b>	750	40 сек	10-20 сек	4
<b>Окислительное фосфорилирование</b>	300-400	неограничено	3-5 мин	50

# Строение мышц

**Мышца** – орган, состоящий из мышечной ткани, плотной соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов, и выполняющий функцию сокращения.



# ФОРМА МЫШЦ



# Скелетные мышечные волокна

- Быстро возбуждаются, мощно сокращаются, но не могут находиться долго в тонусе. В них много Кф, гликогена, хорошо развит СР, который богат ионами кальция (поверхностные мышцы).
- Пути ресинтеза АТФ: анаэробные
- Источники энергии: Кф, гликоген мышц, глюкоза
- Бег на 60, 100 м, плавание на 50 м
- Менее возбудимы, медленнее сокращаются, но долго находятся в тонусе (глубокий мышечный слой)
- В них мало углеводов, Кф не используется, много митохондрий.
- Основной путь ресинтеза АТФ – аэробный
- Источники энергии – жирные кислоты и глюкоза, приносимая кровью
- Бег на 10000 и более, лыжные гонки на 30, 50 км. велогонки и т.д.

**Белые мышечные  
волокна**

**Красные мышечные  
волокна**

Характеристика	Тип волокон		
	МС	БСа	БСб
Включение в работу	На выносливость, малая интенсивность	Кратковременная высокая интенсивность	
Количество волокон на мотонейроне	10-180	300-600	300-800
Порог возбуждения	Низкий	Высокий	Высокий
Размеры двигательного нейрона	Малые	Большие	Большие
Размеры и количество миофирилл	Малые	Большие	Большие
Сеть капилляров	Большая	Средняя	Низкая
Саркоплазматический ретикулум	Низкое	Высокое	Высокое
Митохондрии	Много	Много	Много
Запасы миоглобина	Большие	Средние	Малые
Активность ферментов: АТФ-азы миозина митохондрий гликолиза	Низкая Высокая Низкая	Высокая Высокая Высокая	Высокая Низкая Высокая



### Режимы мышечного сокращения

– **изотонический режим** – в данном случае выделяют два типа сокращения:

1) мышца находится в состоянии постоянного тонуса, мышца одного конца закреплена, с другого конца свободно сокращается, нагрузка на мышцу отсутствует (работа мышцы языка);

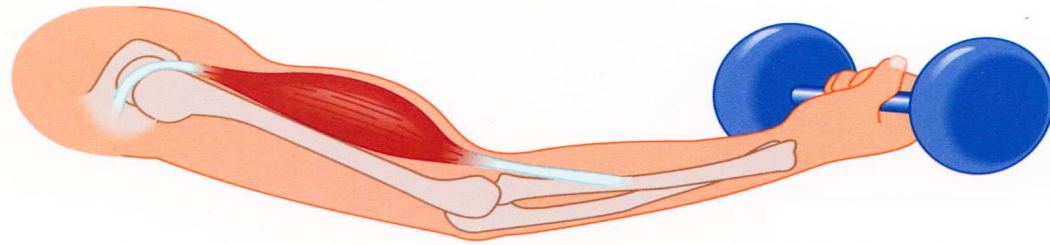
2) на мышцу оказывается нагрузка, при этом длина мышцы изменяется, а напряжение остается постоянным (в чистом виде такой режим практически не встречается);

– **изометрический режим** – мышца находится в состоянии напряжения, при этом длина ее не изменяется (скольжения актиновых миозиновых нитей не происходит), так как мышца закреплена с обоих концов (статическая работа);

– **ауксотонический (смешанный) режим** – длина и напряжение мышцы изменяются, мышца сокращается (выполнение динамической работы.)

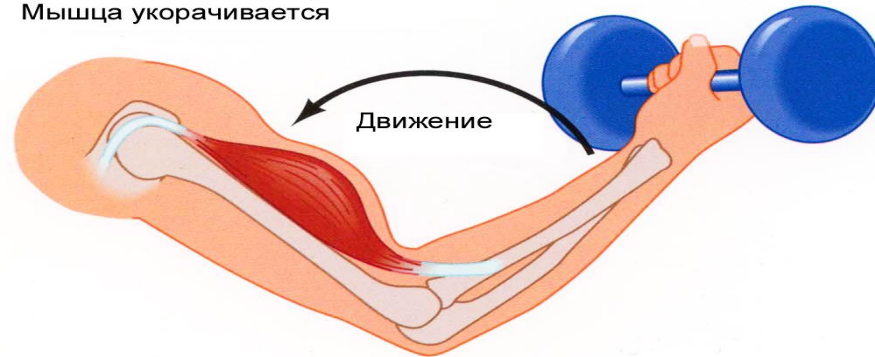
Изометрическое сокращение

Сокращение мышцы без движения



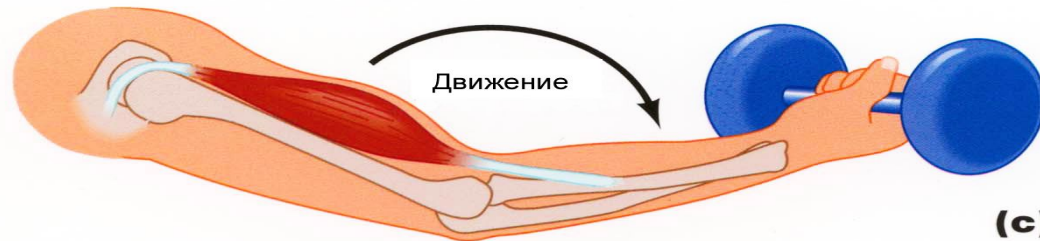
**(a)**

Концентрическое сокращение  
Мышца укорачивается



**(b)**

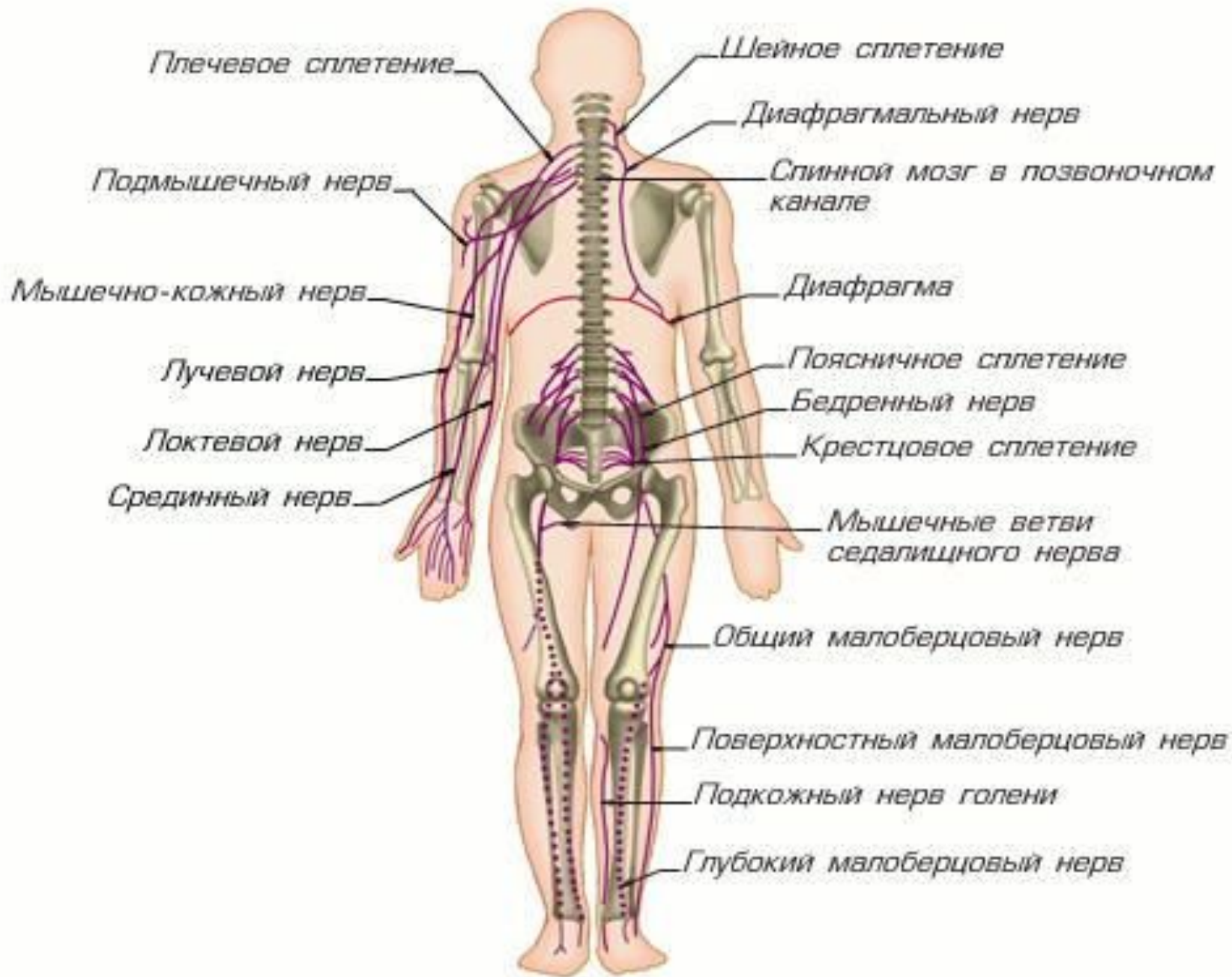
Эксцентрическое сокращение  
Мышца удлиняется



**(c)**

# Роль нервной системы в регуляции движений

- Нервная система - центр контроля и система внутренней связи. Координированные движения невозможны без контроля со стороны нервной системы.
- Состоит из центральной нервной системы (ЦНС) и периферической нервной системы (ПНС)



# Регуляция движения

Осуществляется с участием **проприорецепторов** – рецепторы, собирающие информацию о положении тела, о направлении и скорости движения. Располагаются в связках, мышцах, суставах, сухожилиях мышц. Сенсорные рецепторы могут обеспечить кинестетическое восприятие положения тела и конечностей в пространстве.

Движение человека контролируется 3 мощными сенсорными системами:

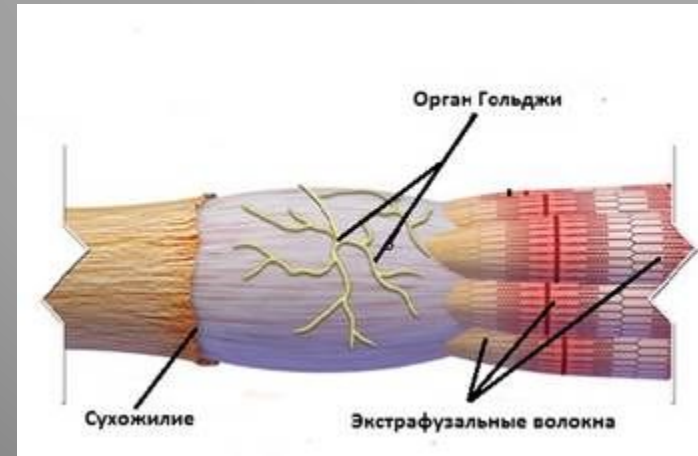
- - зрительная система (глаза)
- - вестибулярная система (внутреннее ухо)
- - соматическая система (тело)

# Рецепторы двигательного аппарата

## *Нервно-сухожильное веретено*

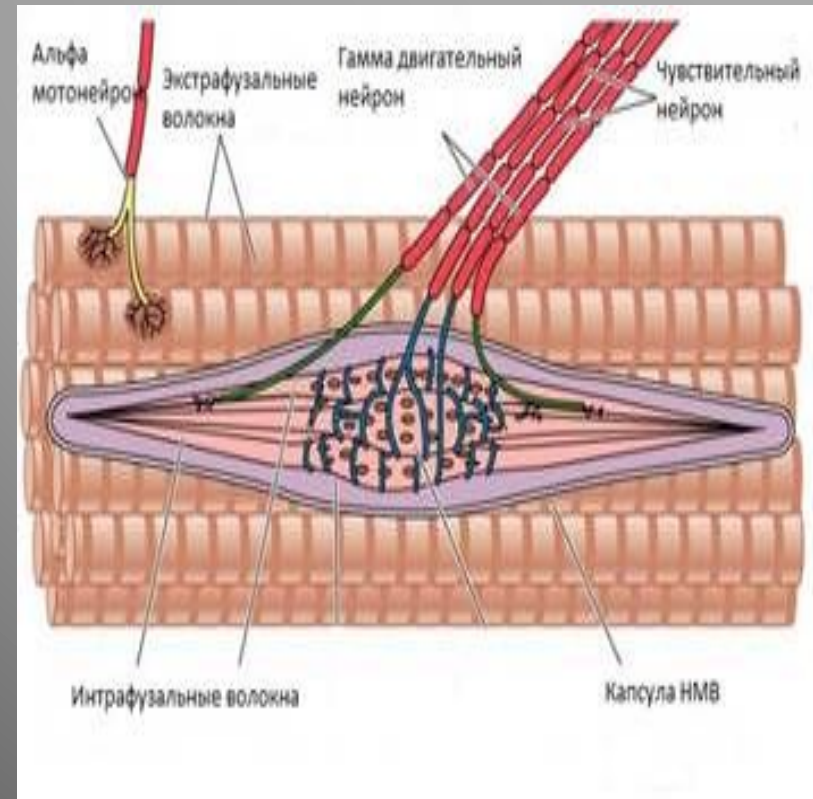
(сухожильный орган Гольджи) – рецепторный орган, который располагается в местах соединения мышц с пучками сухожилий. Активность СО Гольджи зависит от степени напряжения мышцы

**Гольджи – рефлекс** возникает в случае мощного эксцентрического сокращения и связан с чрезмерным напряжением, которое возникает в сухожилиях.



# Рецепторы двигательного аппарата

***Нервно-мышечное веретено*** — это сложный рецептор, который включает видоизмененные мышечные клетки, афферентные и эфферентные нервные отростки и контролирует скорость, степень сокращения и растяжения скелетных мышц.





# Рефлекторная активность организма

- Рефлекс растяжения (стреч – рефлекс) – возникает в ответ на растяжение мышцы, мышцы сокращается
- Сухожильный рефлекс (рефлекс аппарата Гольджи) – возникает в ответ на напряжение мышцы, мышца расслабляется.

Растягивать мышцу до активизации рефлекса  
растяжения