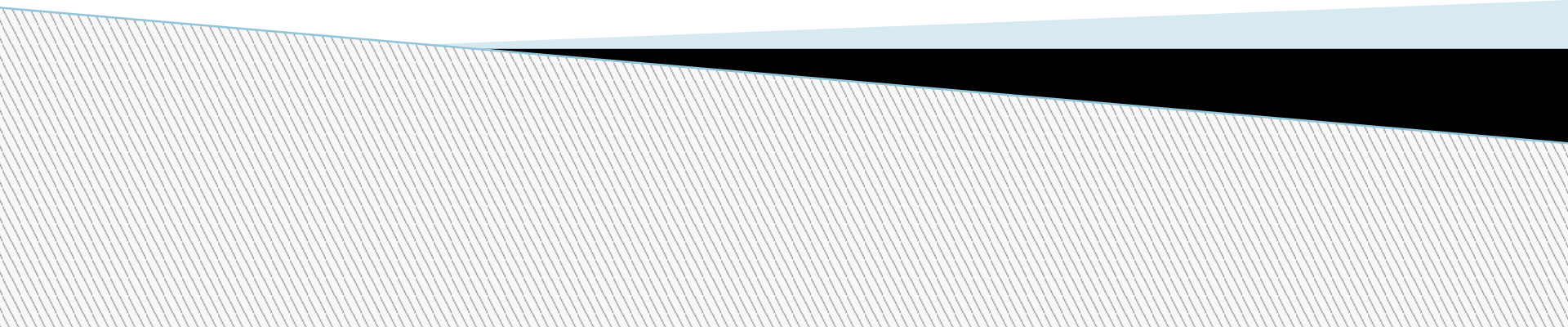


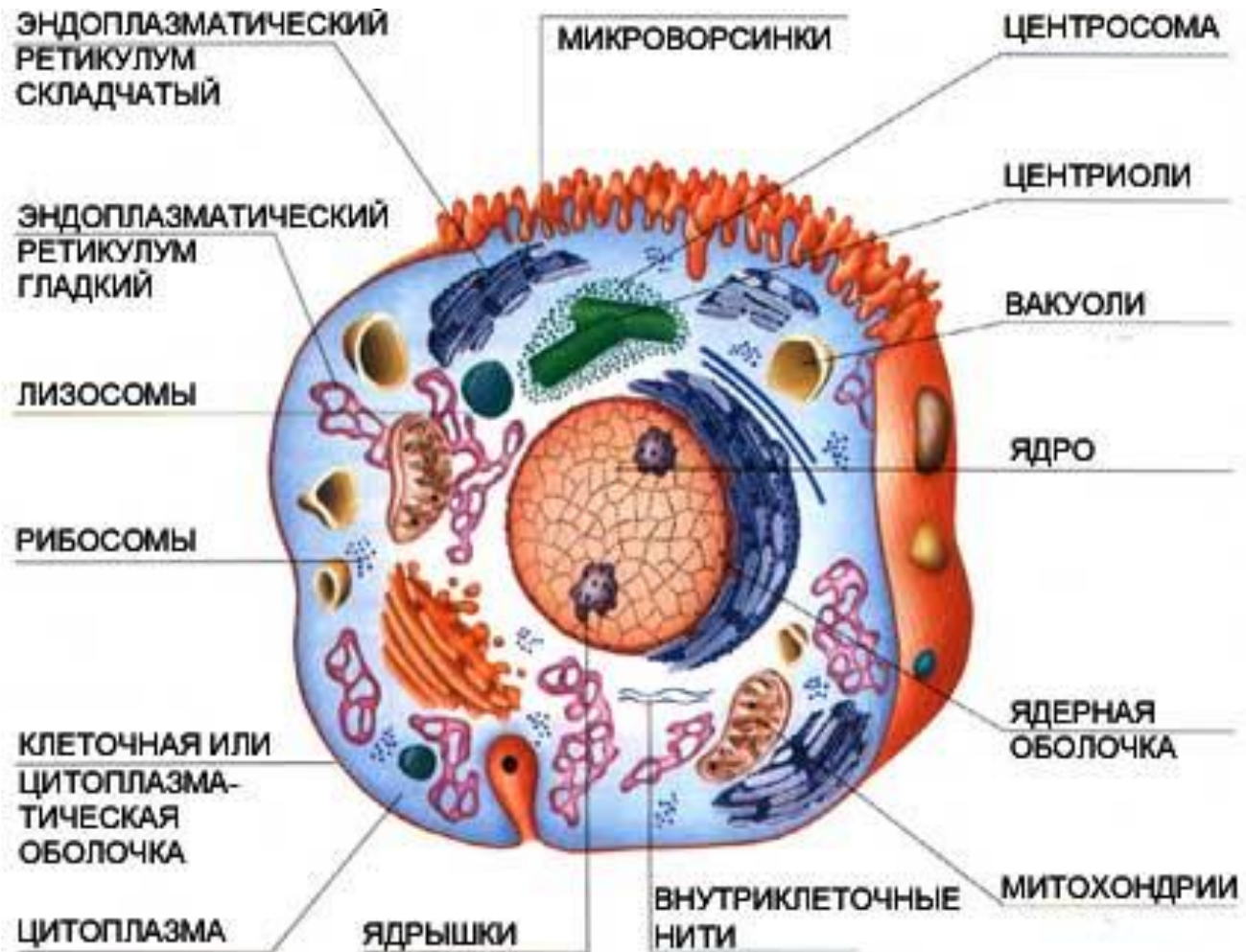
Функциональная анатомия мышечной системы



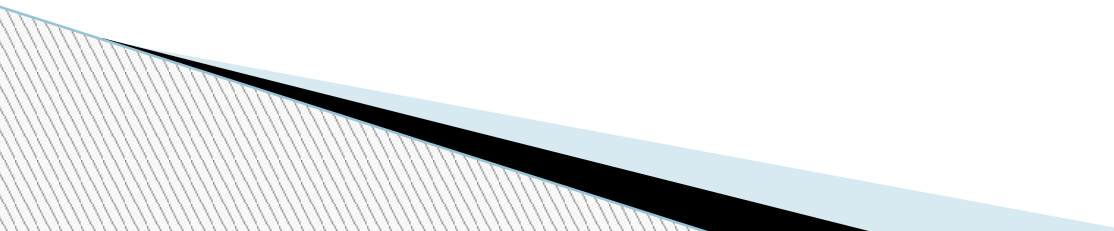
III. МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ

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

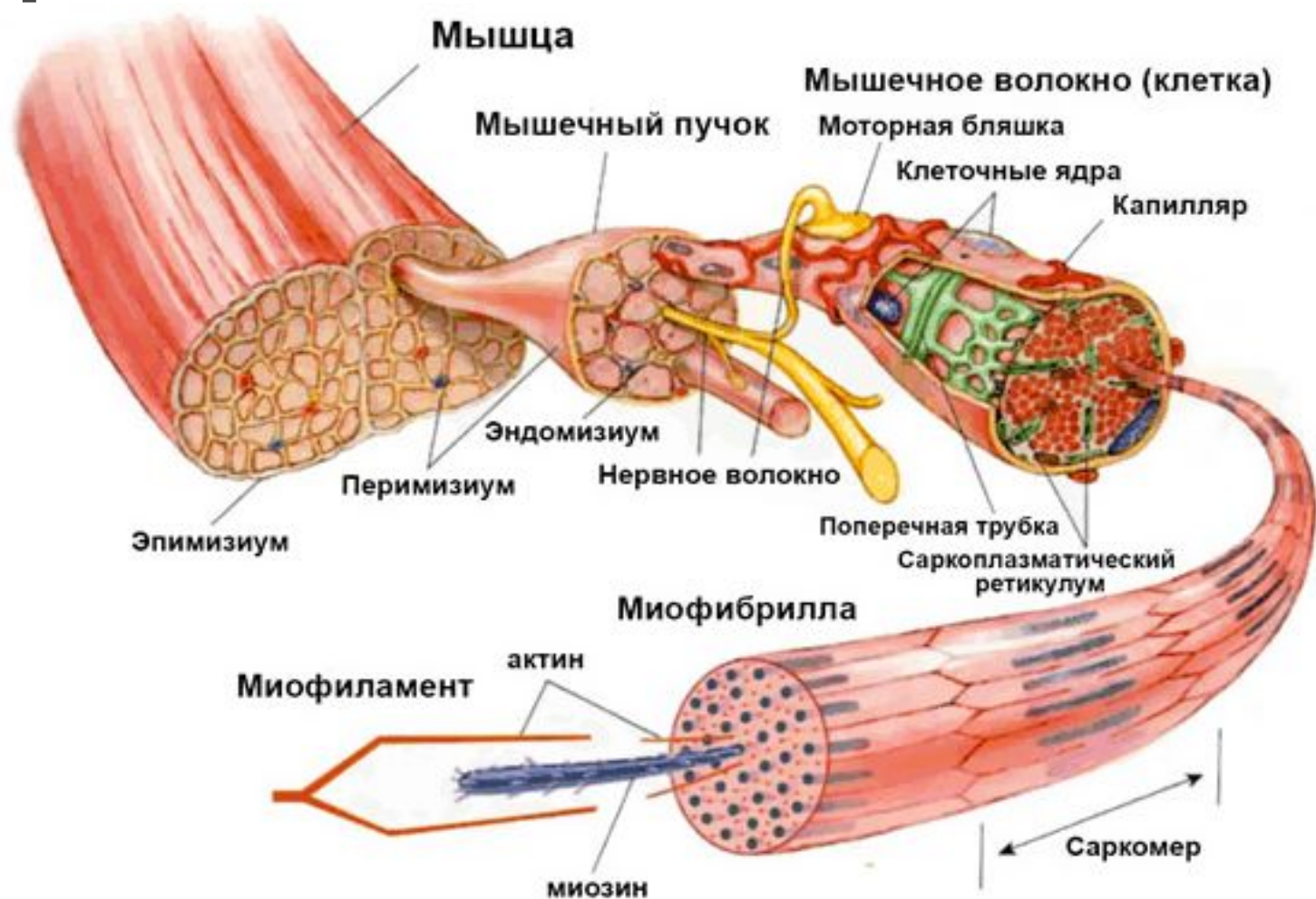
| НАЗВАНИЕ | Поперечно-полосатая скелетная | Поперечно-полосатая сердечная | гладкая |
|----------|--|---|--|
| СТРОЕНИЕ | Длинные клетки, содержат несколько ядер, состоят из волокон | Клетки разветвляются на концах | Веретеновидные клетки, собранные в пучки |
| ФУНКЦИИ | Обеспечивает движение | Обеспечивает 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
- 

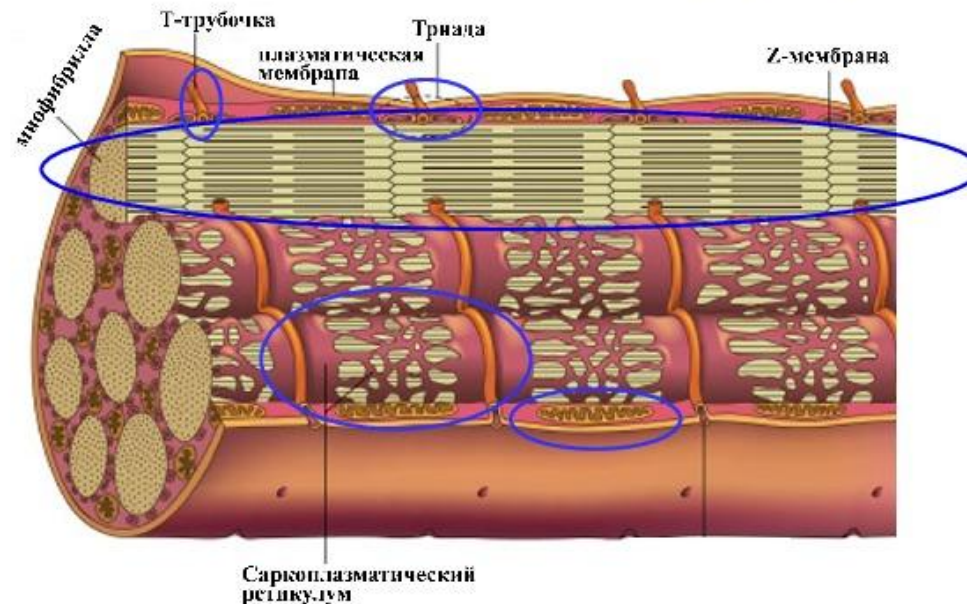
Строение мышечного волокна



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

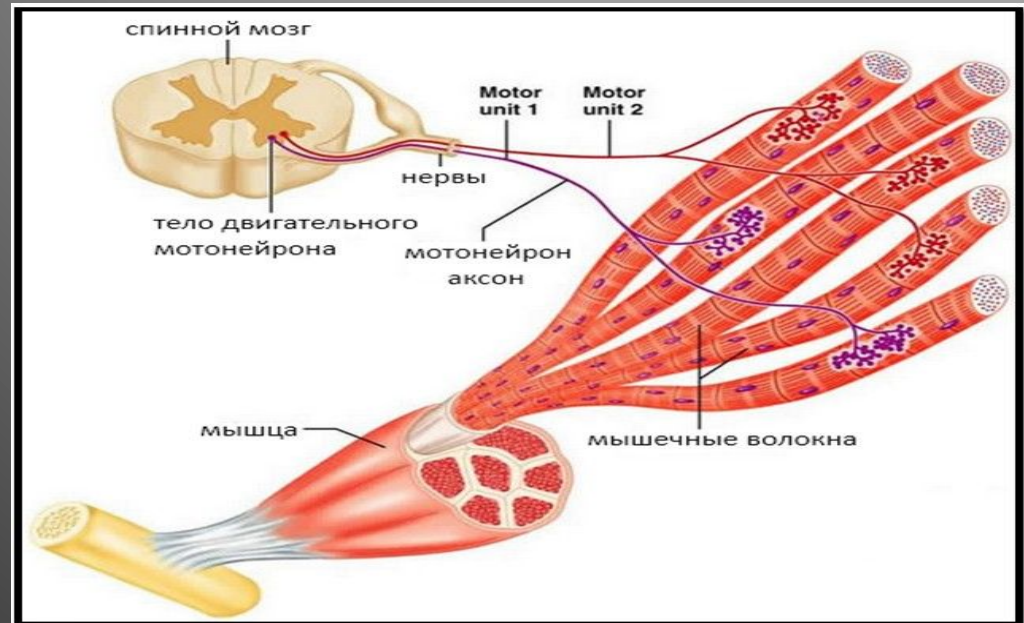
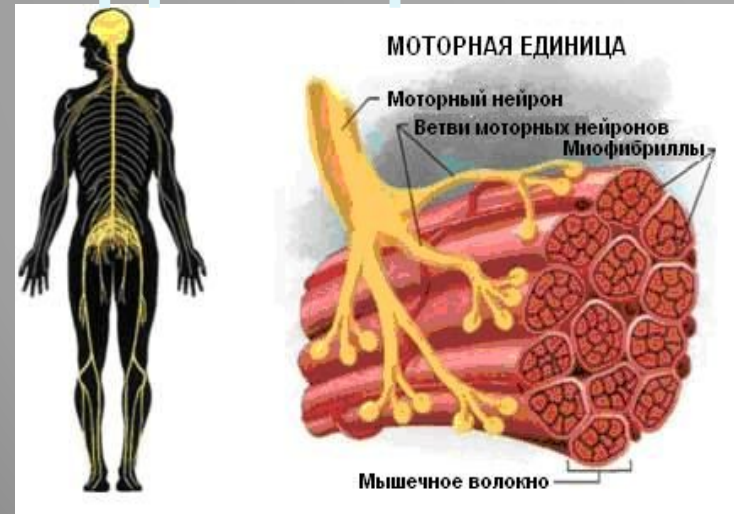
Двигательная единица

Двигательная единица мышцы

- основной элемент нервно мышечного аппарата мышцы

Включает:

- мотонейрон спинного мозга;
- аксон;
- мышечное волокно



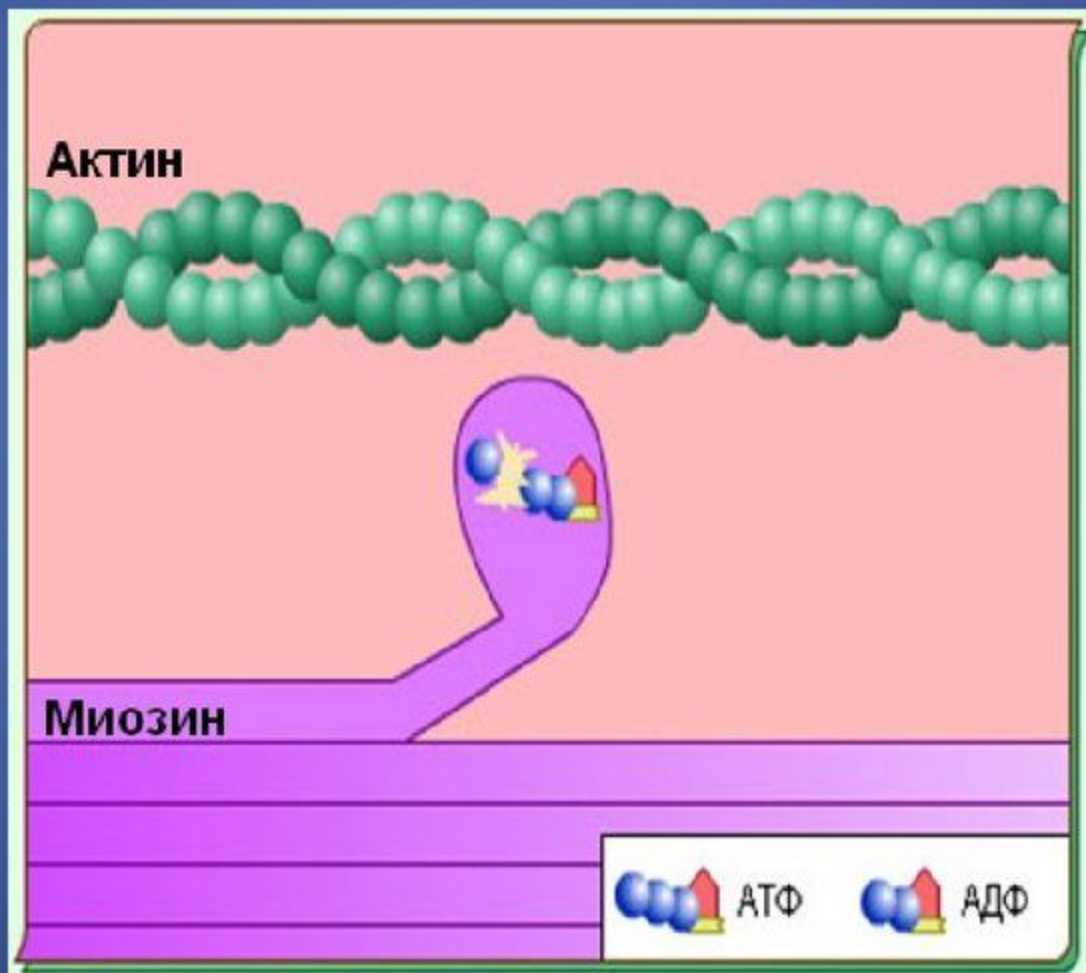


Механизм мышечного сокращения

□ Раздражение рецептора – возникновение потенциала действия – проведение его вдоль клеточной мембраны – по Т-системе – выход ионов Ca^{2+} 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.

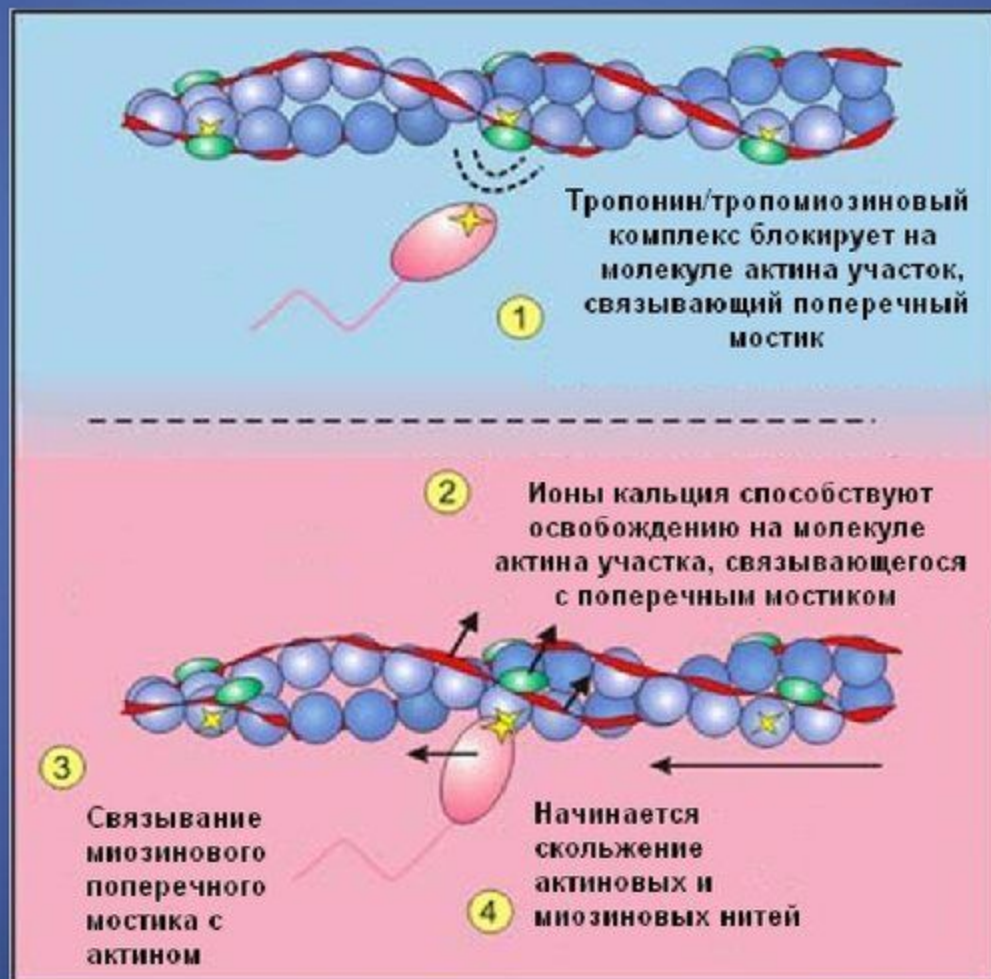
Механизмы сокращения и расслабления мышечного волокна.
Энергетика мышечного сокращения

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)

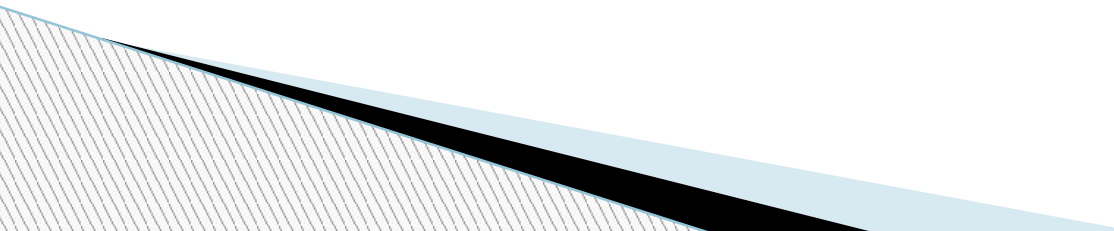
(АДФ + гликоген = АТФ + молочная кислота)

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/мн-кг

2. Время развертывания – 1-2 сек

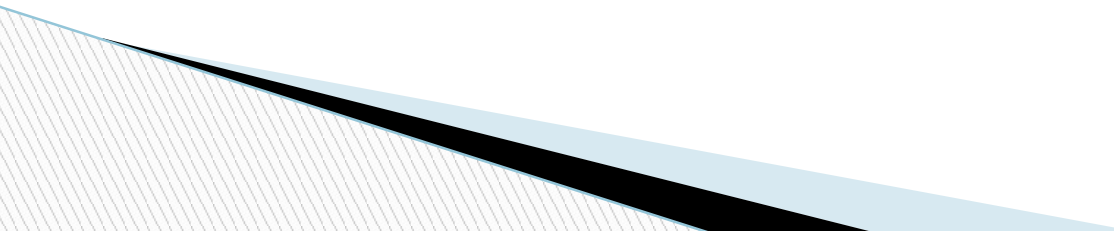
3. Время работы с максим. скоростью – 8-10 сек

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
- 

| Процесс | Время восстановления |
|--|---------------------------------|
| Восстановление O₂-запасов в организме | 10-15 с |
| Восстановление алактатных анаэробных резервов в мышцах | 2-5 мин |
| Оплата алактатного O₂-долга | 3-5 мин |
| Устранение молочной кислоты | 30-90 мин |
| Оплата лактатного O₂-долга | 30-90 мин |
| Ресинтез внутримышечных запасов гликогена | 12-48 ч |
| Восстановление запасов гликогена в печени | 12-48 ч |
| Усиление индуктивного синтеза ферментных и структурных белков | 12-72 ч |

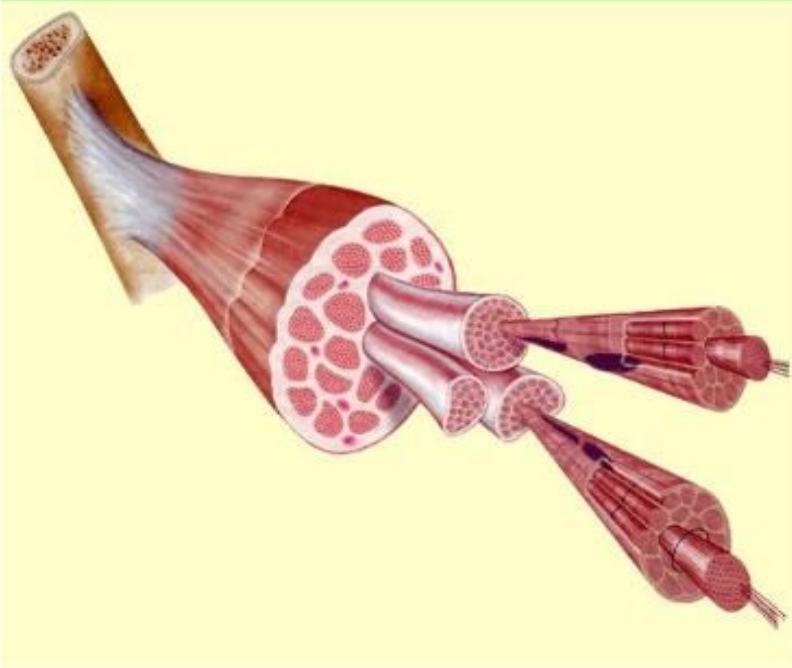
| Зона мощности | Продолжительность работы | O₂-запрос, л/мин | O₂-долг, Лмин. | Основные пути ресинтеза | Основные источники энергии | Продолжительность восстановительного периода |
|--|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Анаэробно-алактатная направленность | | | | | | |
| Максимальная | до 30-45 с | 7-14 | 6-12 | КрФ-реакция, гликолиз | АТФ, КрФ, гликоген | до 1 ч |
| Анаэробно-гликолитическая | | | | | | |
| Субмаксимальная | 30 – 250 с | 20-40 | 20 (50-90%) | Гликолиз, КрФ | КрФ, гликоген, липиды | 2-5 ч |
| Смешанная анаэробно-аэробная | | | | | | |
| Большая | 5-50 мин | 50-150 | 20 (30%) | Аэробное окисление, гликолиз | Гликоген, липиды | 5-24 ч |
| Аэробная направленность | | | | | | |
| Умеренная | Более 1 ч | 500-1500 | 5 | Аэробное окисление | Гликоген, липиды | Более 24 ч |

Характеристика путей ресинтеза АТФ

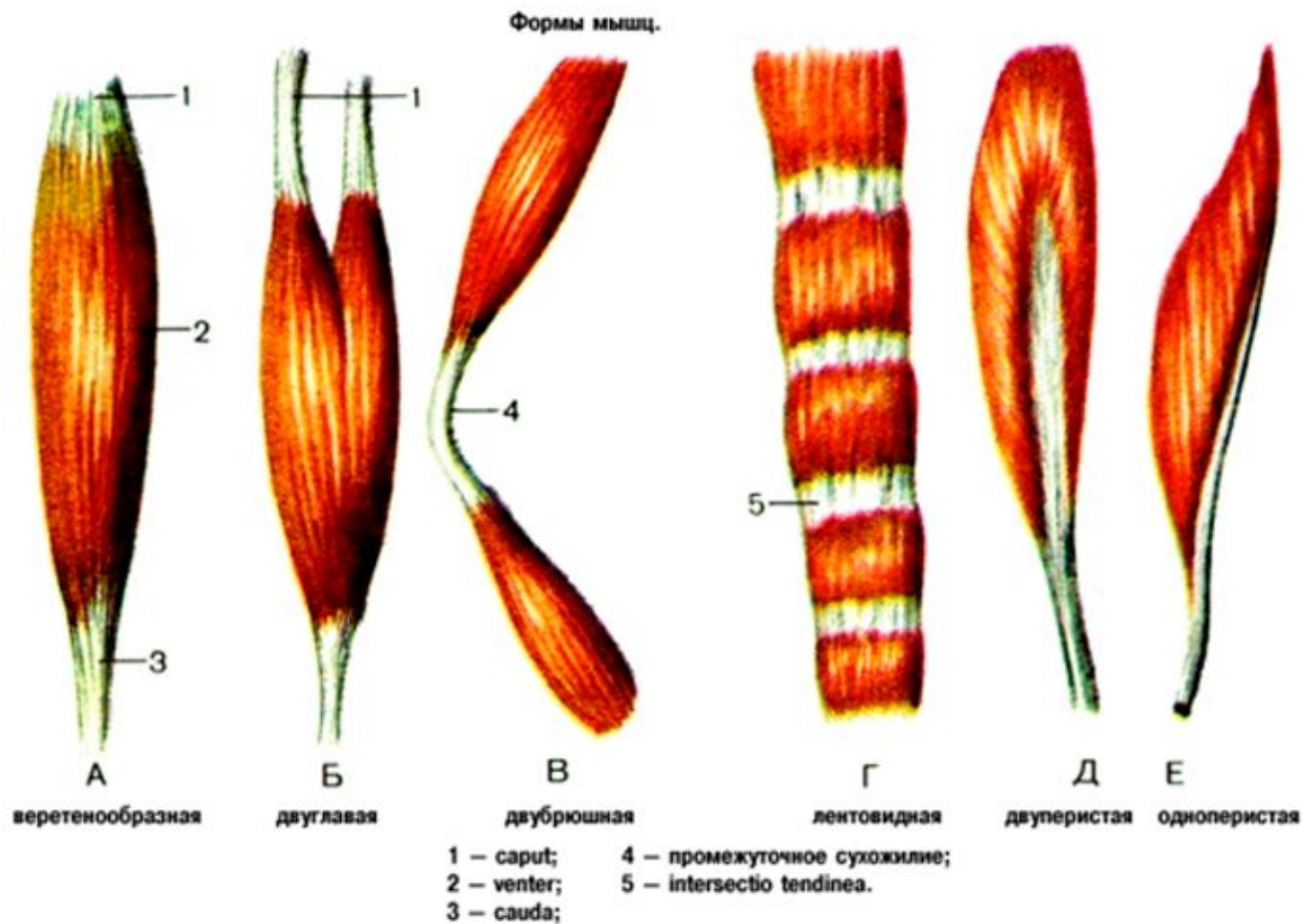
| Пути ресинтеза | Мощность ккал/кг мин | Метаболическая емкость | Подвижность (время включения) | Эффективность использования % |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Креатинкиназный путь | 900 | 6-7 сек | 2 сек | 70- 80 |
| Гликолиз | 750 | 40 сек | 10-20 сек | 4 |
| Окислительное фосфорилирование | 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);

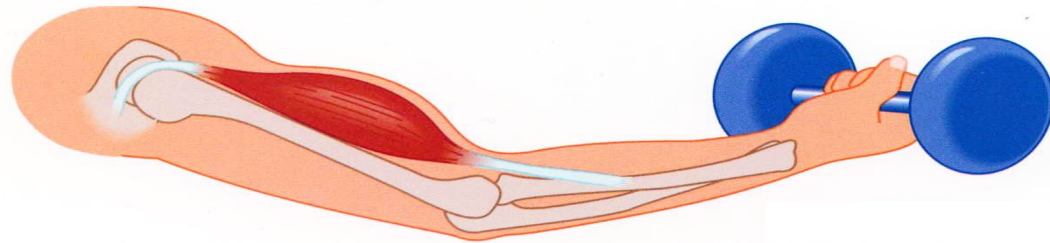
2) на мышцу оказывается нагрузка, при этом длина мышцы изменяется, а напряжение остается постоянным (в чистом виде такой режим практически не встречается);

– **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.)

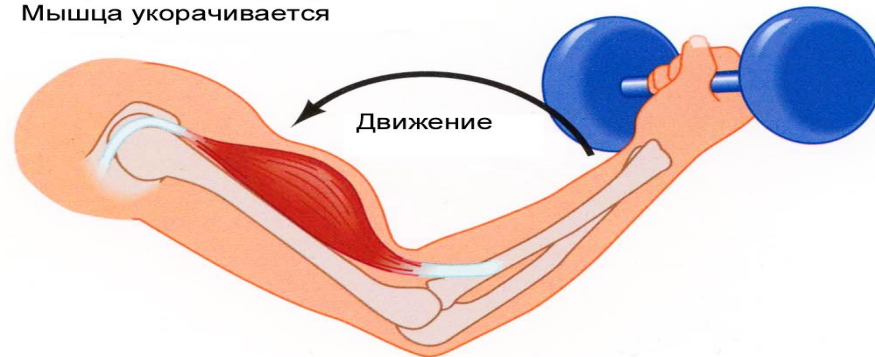
Изометрическое сокращение

Сокращение мышцы без движения



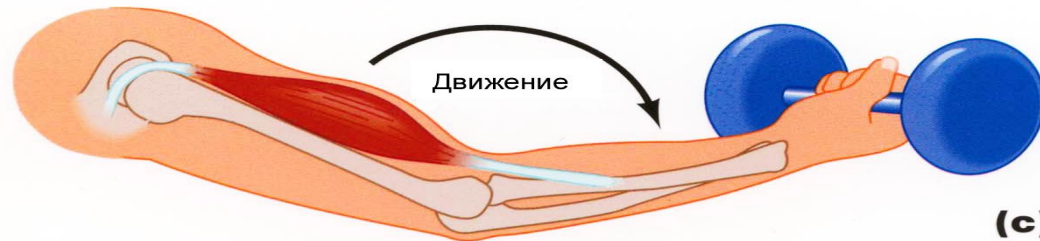
(a)

Концентрическое сокращение
Мышца укорачивается



(b)

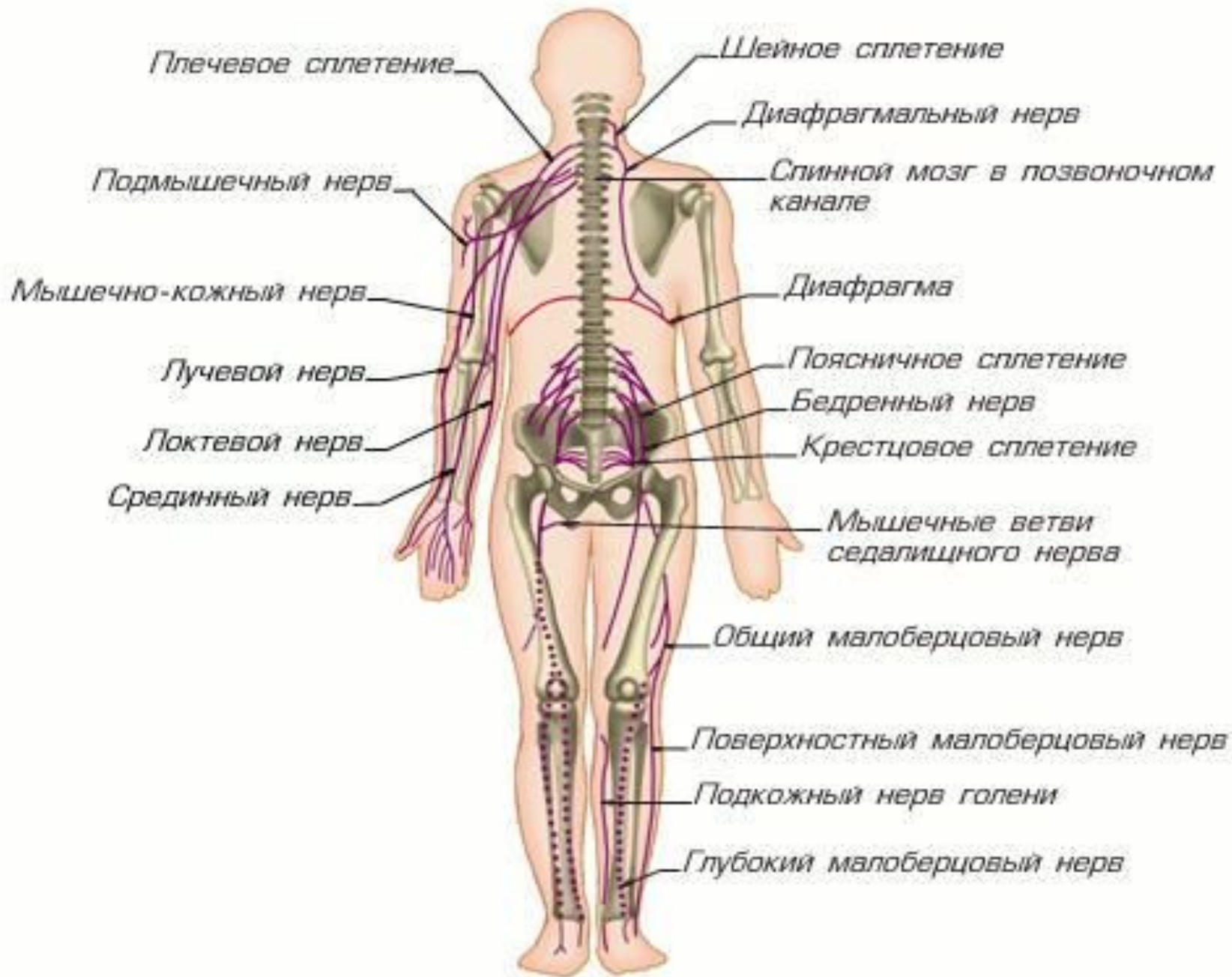
Эксцентрическое сокращение
Мышца удлиняется



(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:

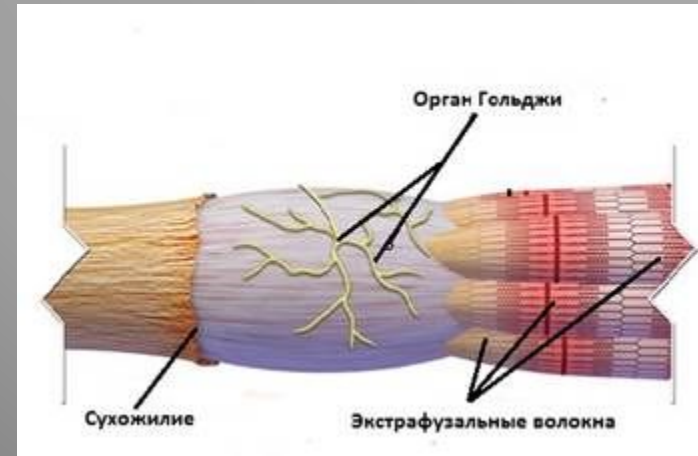
- - зрительная система (глаза)
- - вестибулярная система (внутреннее ухо)
- - соматическая система (тело)

Рецепторы двигательного аппарата

Нервно-сухожильное веретено

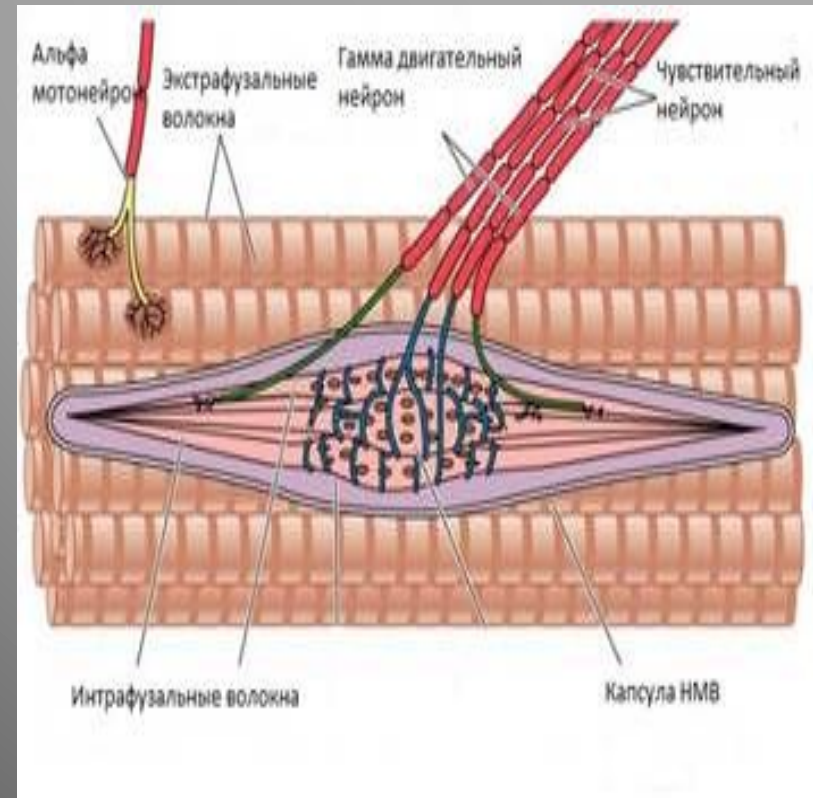
(сухожильный орган Гольджи) – рецепторный орган, который располагается в местах соединения мышц с пучками сухожилий. Активность СО Гольджи зависит от степени напряжения мышцы

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