

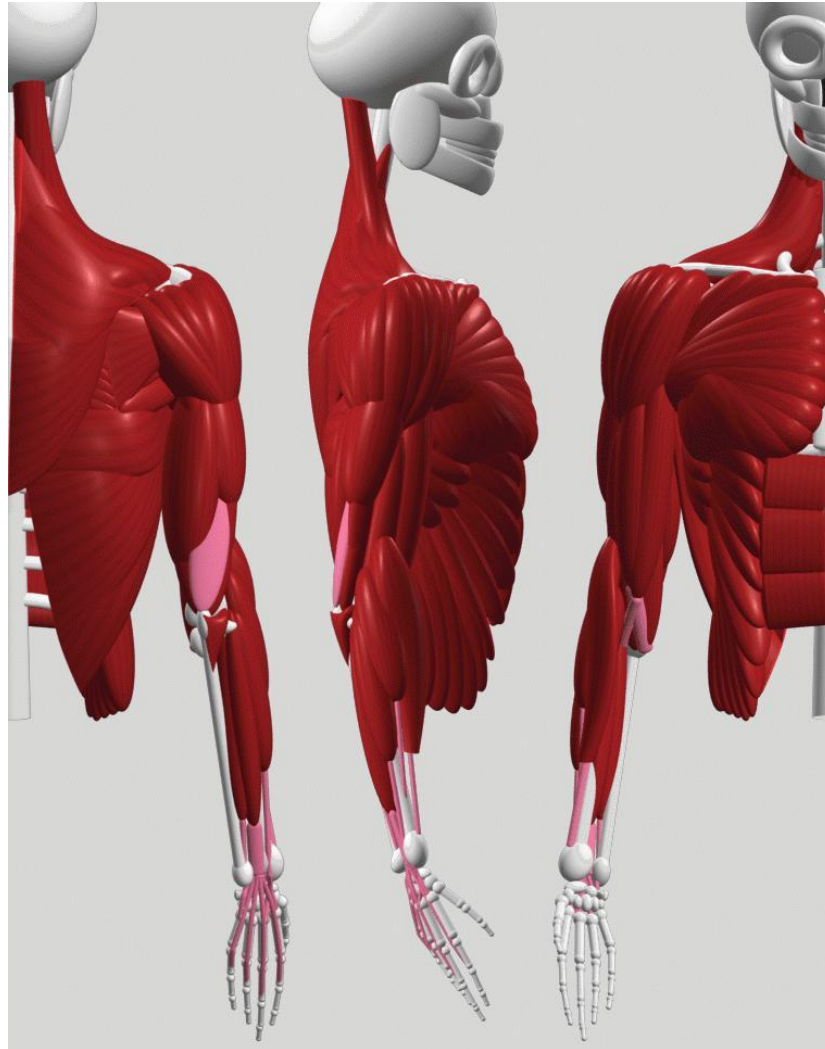


ФИЗИОЛОГИЯ

МЫШЦ

Лектор: доцент А.Ю. Шишелова

ФИЗИОЛОГИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ



ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

1. *Двигательная*.
2. *Обменная* – в мышцах происходят биохимические процессы, приводящие к изменению уровня мономеров в крови (глюкозы, аминокислот, жирных кислот).
3. *Депонирующая* – запас гликогена.
4. *Теплообразовательная* – интенсивное образование тепла в работающей мышце.

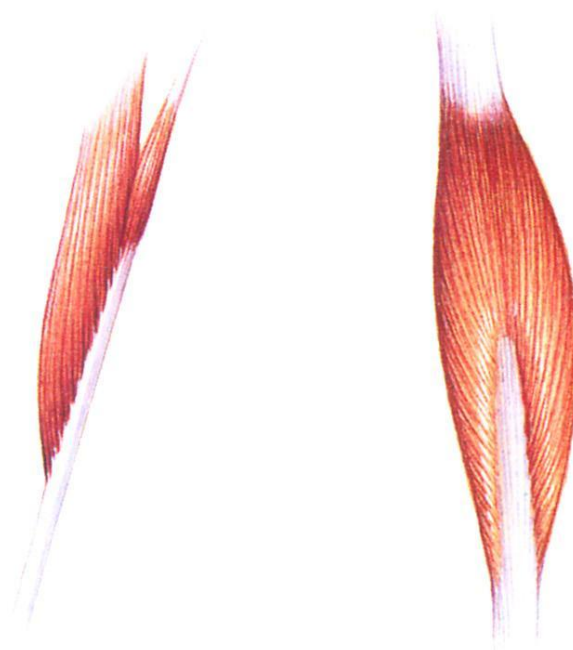
ТИПЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ



**Параллельно-
волокнистый**



**Веретено-
образный**



Перистые

СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Физические:

- **Эластичность** – способность изменять длину под действием деформирующей силы
- **Упругость** – способность восстанавливать исходную длину после деформации

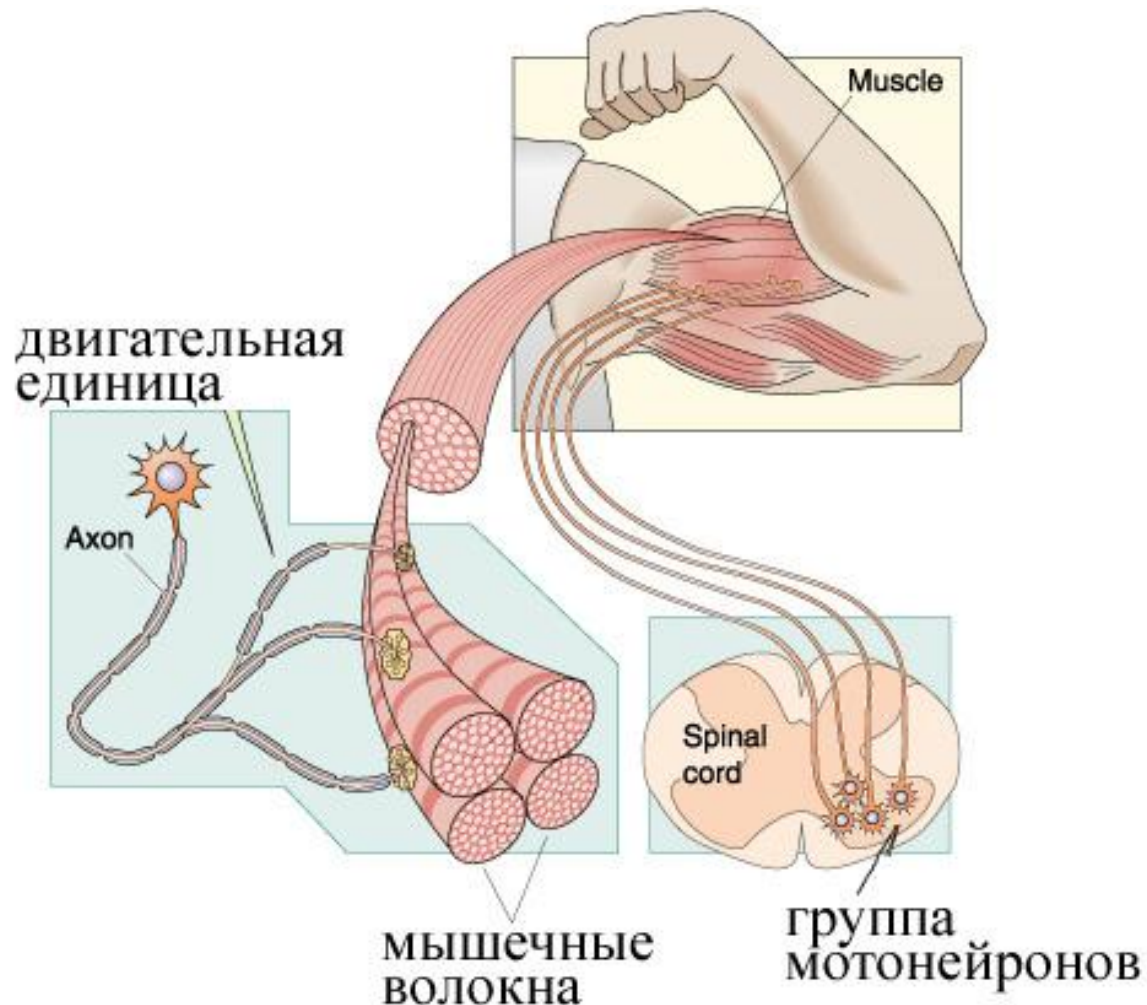
Физиологические:

- Возбудимость
- Проводимость
- Лабильность
- Сократимость

Мышца состоит из клеток – **мышечных волокон**.

Мышечные волокна скелетных мышц иннервируются **мотонейронами**.

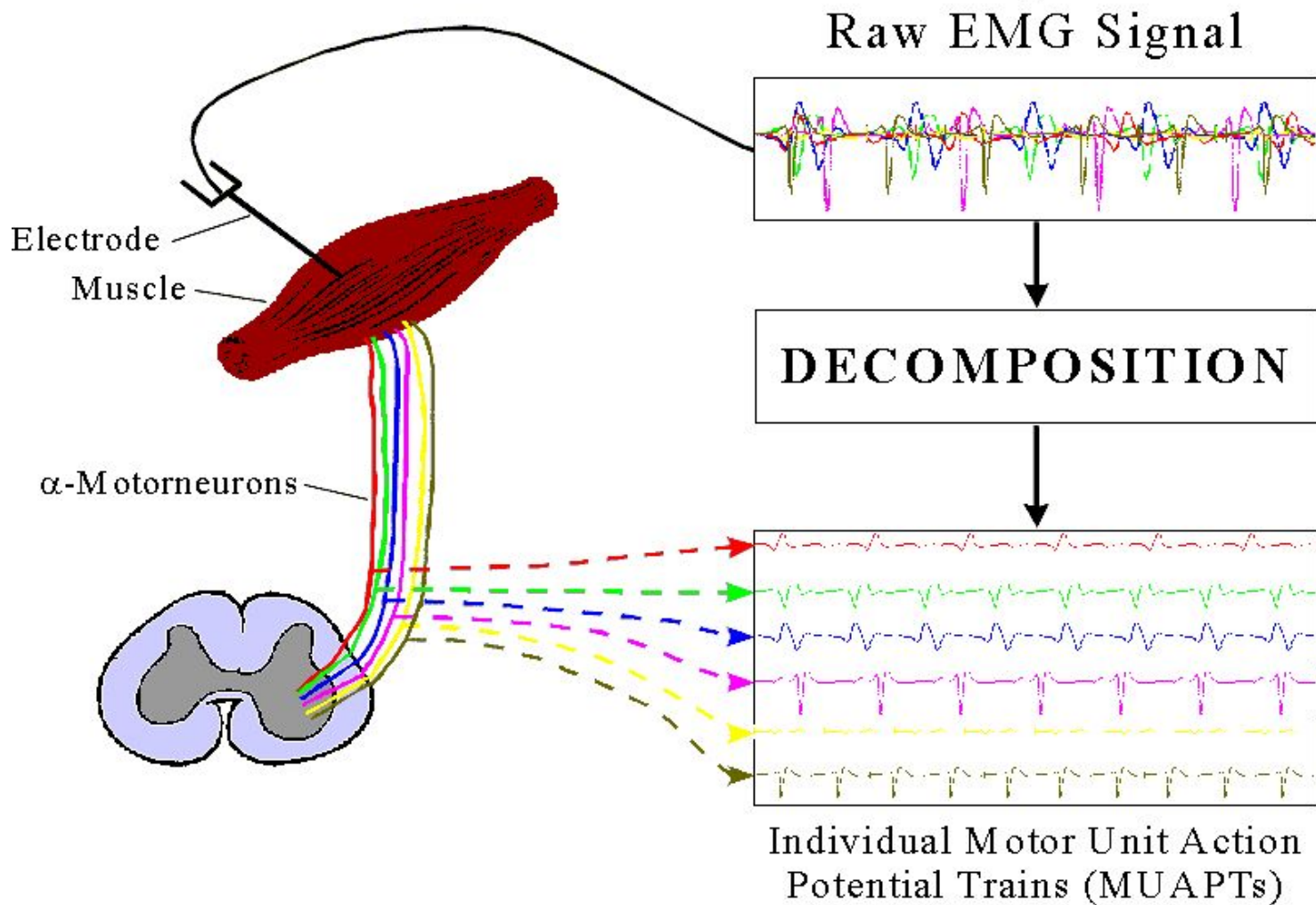
Двигательная единица (ДЕ) – мотонейрон в совокупности с иннервируемыми им мышечными волокнами.



В состав одной ДЕ может входить от 5-10 мышечных волокон до нескольких сотен и тысяч:

- 7 - прямая мышца глаза;
- 560 - передняя большеберцовая мышца;
- 2037 – икроножная мышца.

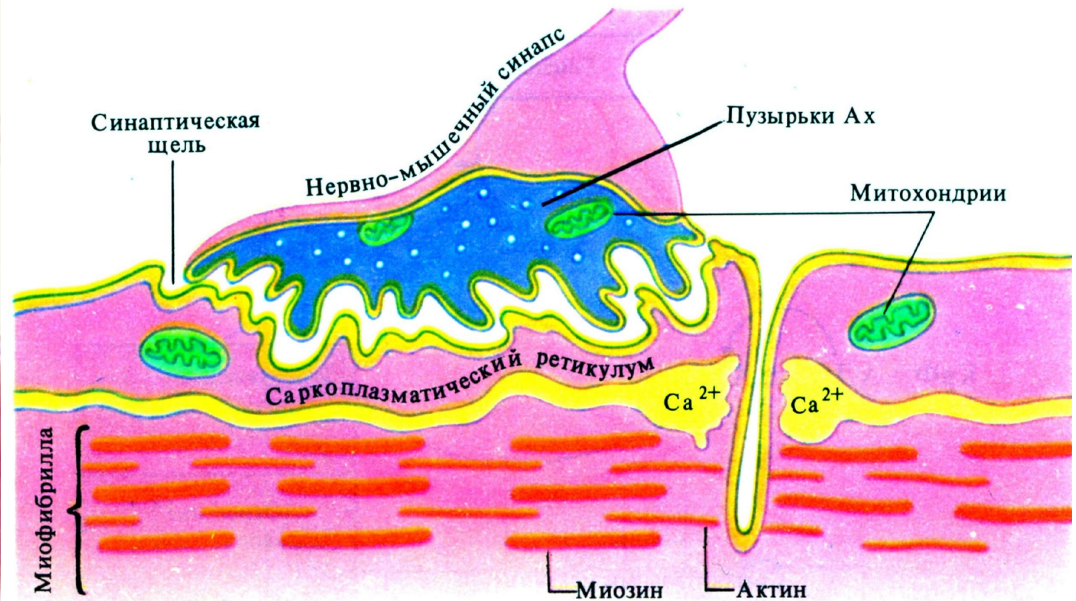
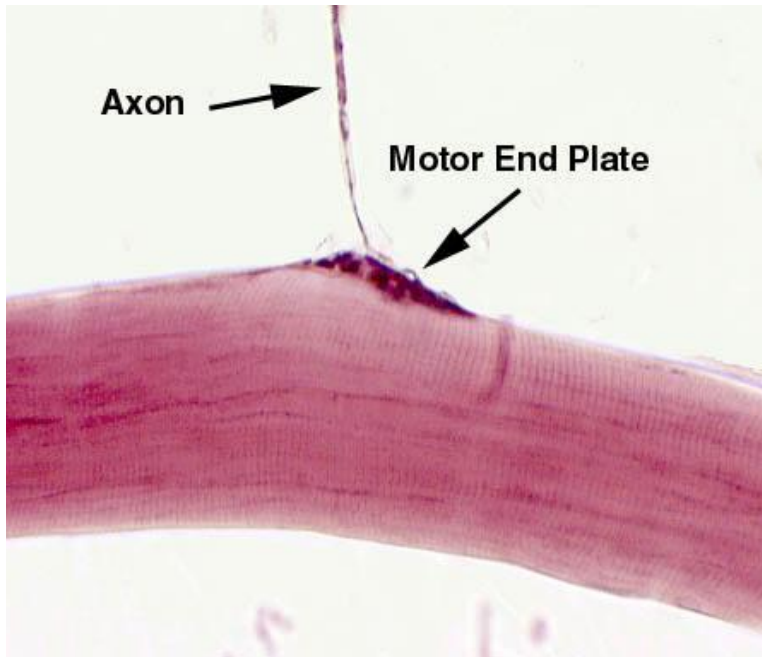
Электрмиограмма: отражает возбуждение множества двигательных единиц.

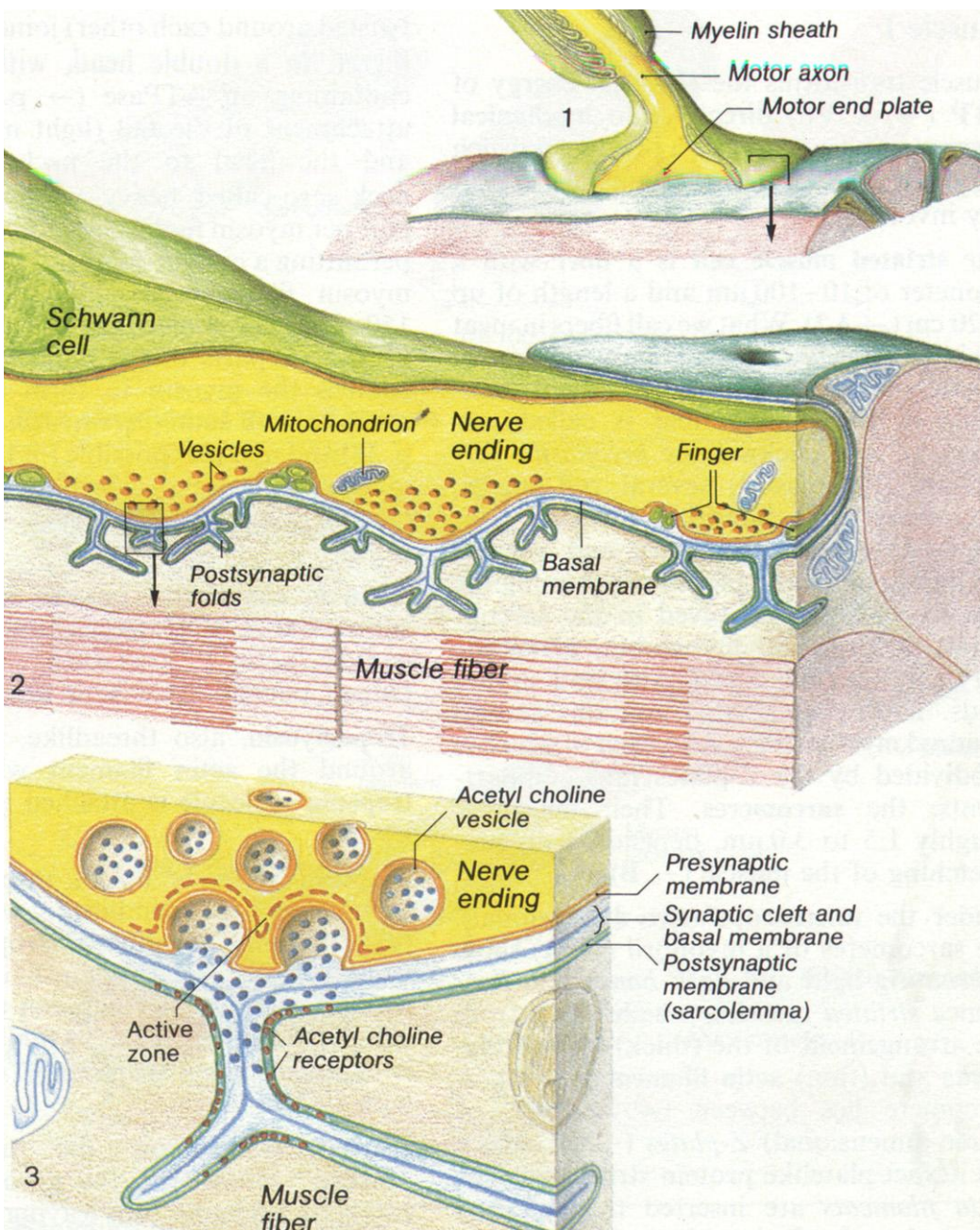


Нервно-мышечный синапс скелетных мышц (концевая пластинка)

Синапс между окончанием аксона мотонейрона спинного мозга и мышечным волокном скелетной мышцы называется *концевой пластинкой*.

Концевая пластинка имеет большую величину.





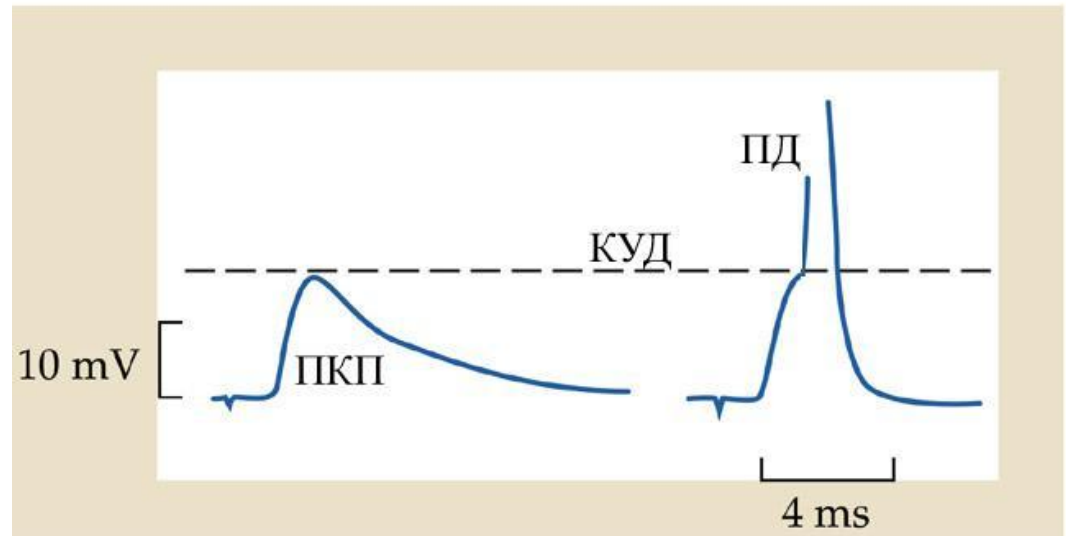
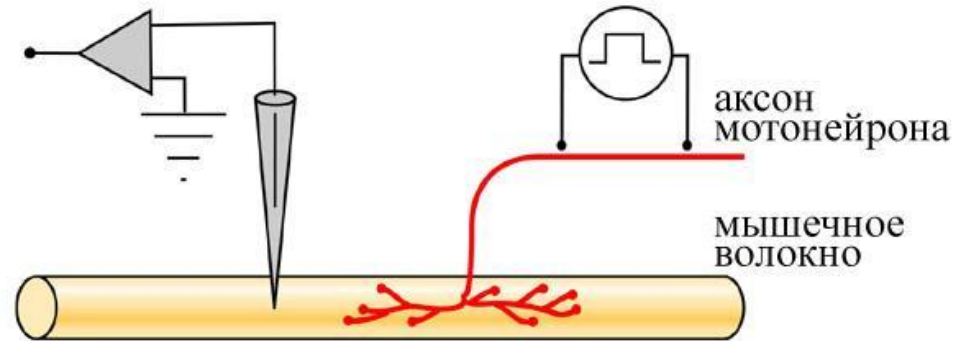
Особенности концевой пластинки:

- ❑ Синаптические зоны в концевой пластинке расположены линейно вдоль двигательной терминали.
- ❑ Места освобождения медиатора и локализации постсинаптических рецепторов противостоят друг другу.
- ❑ Медиатор нервно-мышечного синапса – **ацетилхолин**.
- ❑ Рецепторы к медиатору: **Н-холинорецепторы**.

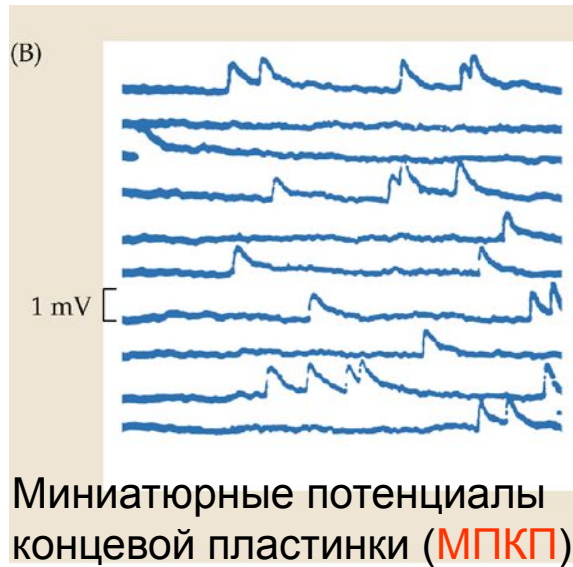
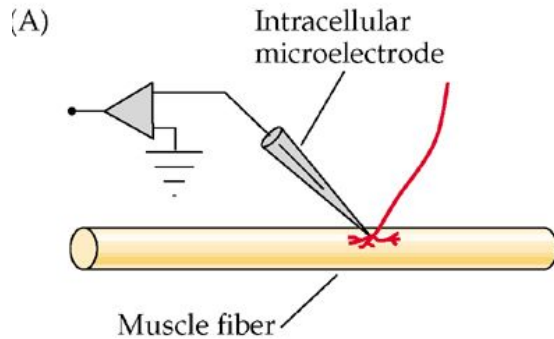
ПОТЕНЦИАЛ КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ

В нервно-мышечном синапсе на постсинаптической мембране возникает *потенциал концевой пластинки (ПКП)*:

- ПКП имеет **большую величину** – экзоцитоз большого количества медиатора (содержимого 100-300 везикул).
- если амплитуда ПКП достигает **критического уровня**, то возникает ПД.
- большая величина ПКП обеспечивает **надежность** нервно-мышечной передачи возбуждения



Миниатюрные потенциалы концевой пластинки



Квант – содержимое 1 **везикулы**.

Выделение отдельных квантов в покое: на постсинаптической мембране возникают слабые потенциалы - **миниатюрные** .

Миниатюрные потенциалы концевой пластинки (МПКП):

- возникают спонтанно;
- амплитуда МПКП зависит от состояния холинорецепторов и концентрации ацетилхолина в везикуле;
- частота МПКП зависит от состояния терминали.

При возбуждении мотонейрона возникает ПКП - суммарный ответ на синхронное освобождение многих квантов (>100).

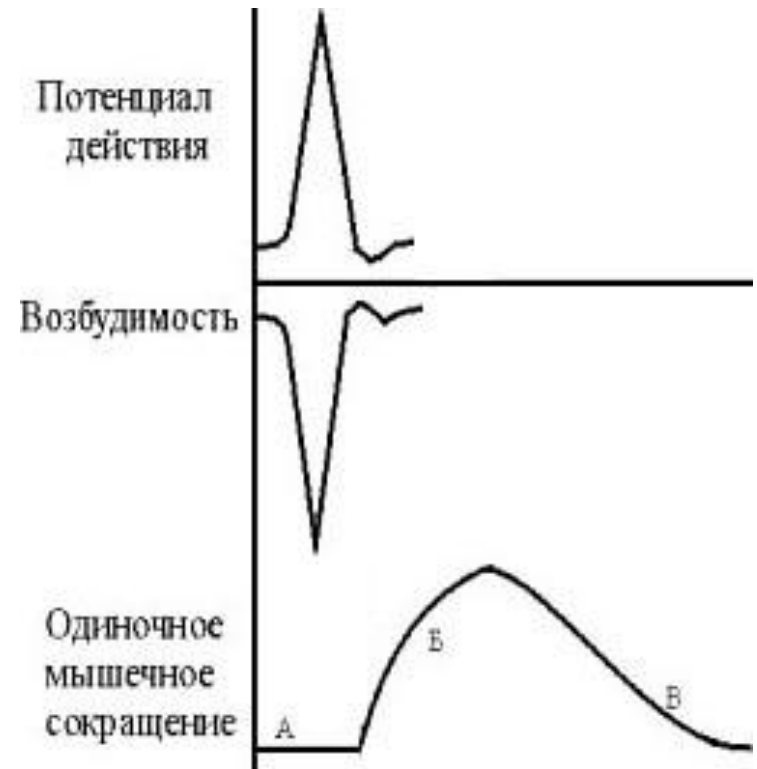
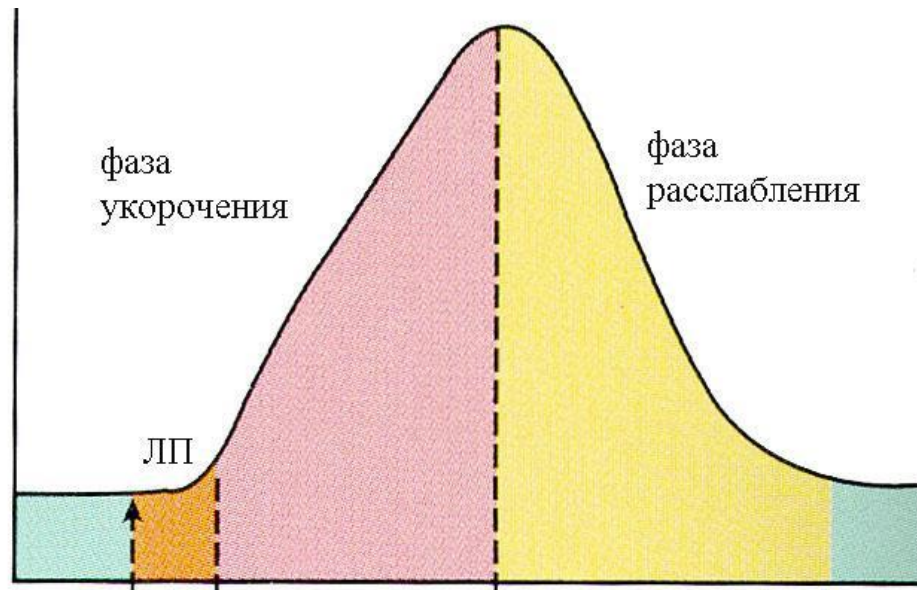
ВИДЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Одиночное сокращение

Одиночное сокращение мышцы возникает при ее однократном раздражении.

Фазы:

- А. Латентный период** (длится около 10 мс) – период от начала возбуждения до начала сокращения мышцы.
- Б. Фаза укорочения (сокращения)** (около 50 мс).
- В. Фаза расслабления** (около 50 мс).



Тетаническое сокращение

Тетаническое сокращение (тетанус) – суммация сокращений мышцы при действии ритмических раздражителей.

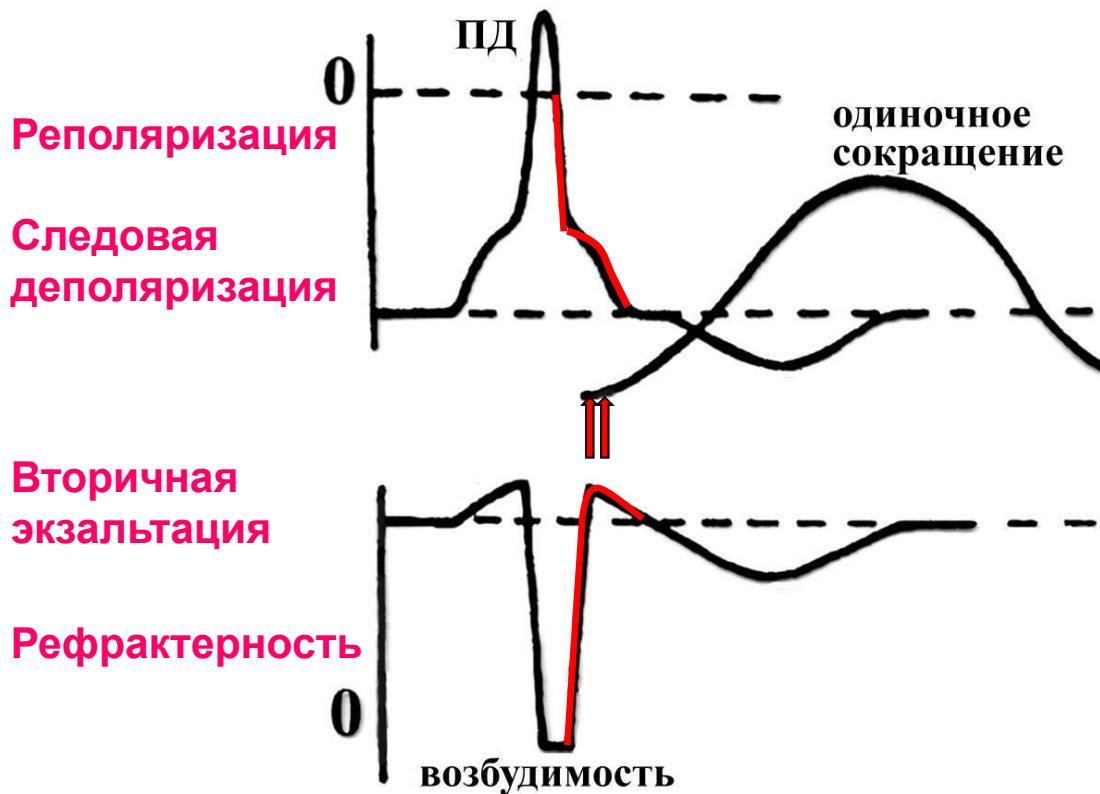
Виды тетануса:

- 1. Зубчатый тетанус:** наступает, когда каждый последующий раздражитель попадает в фазу расслабления мышцы.
- 2. Гладкий тетанус:** наступает, когда каждый последующий раздражитель попадает в фазу сокращения мышцы.

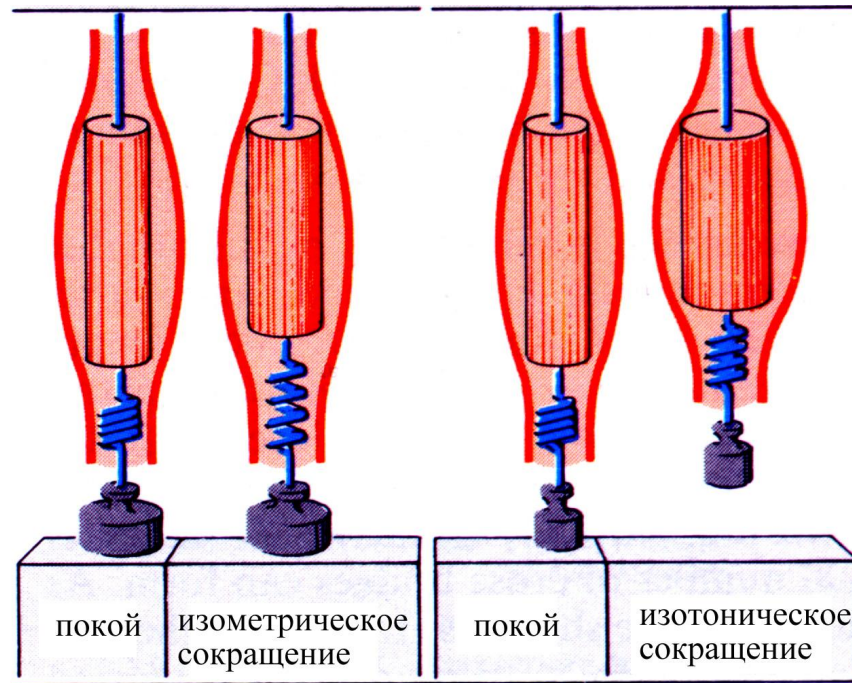




восстановление оптимума после снижения частоты



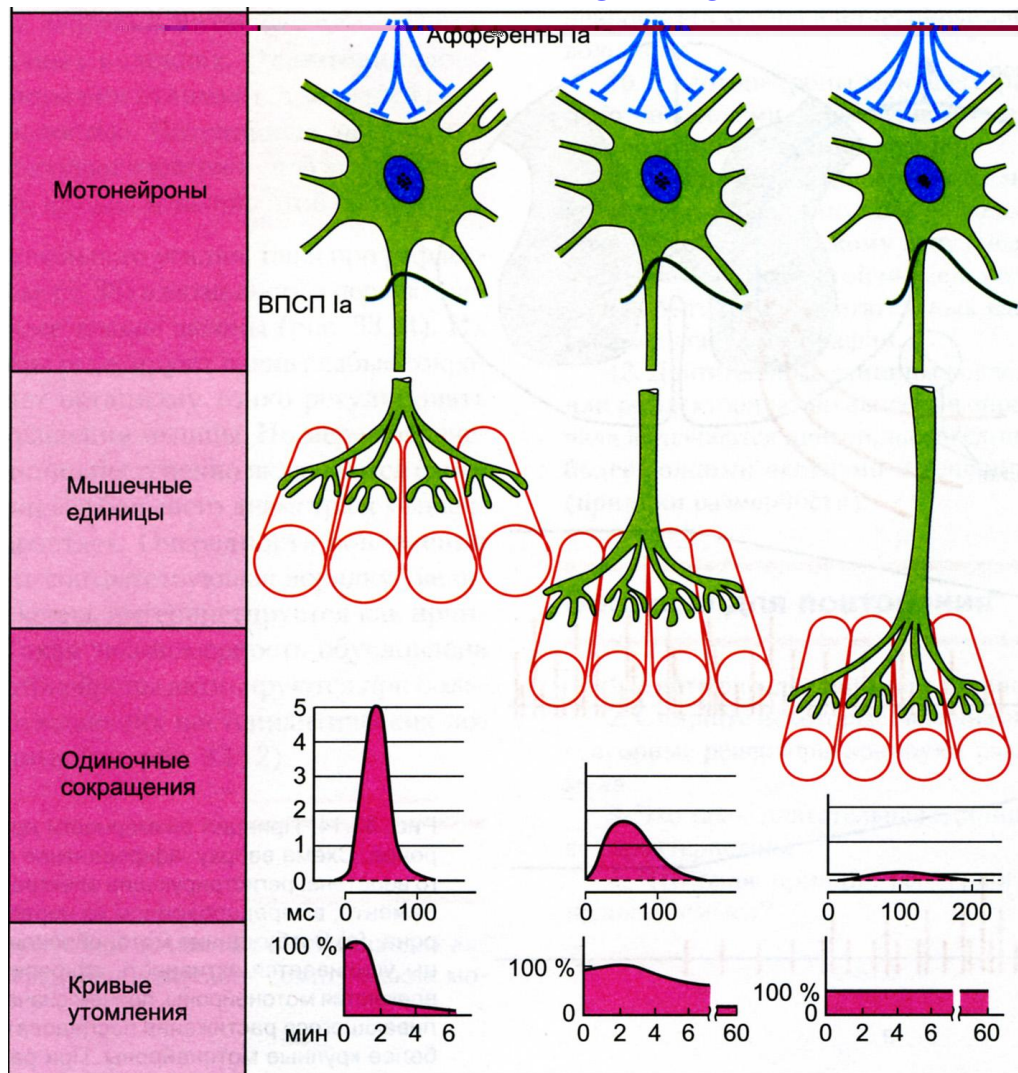
Режимы мышечного сокращения



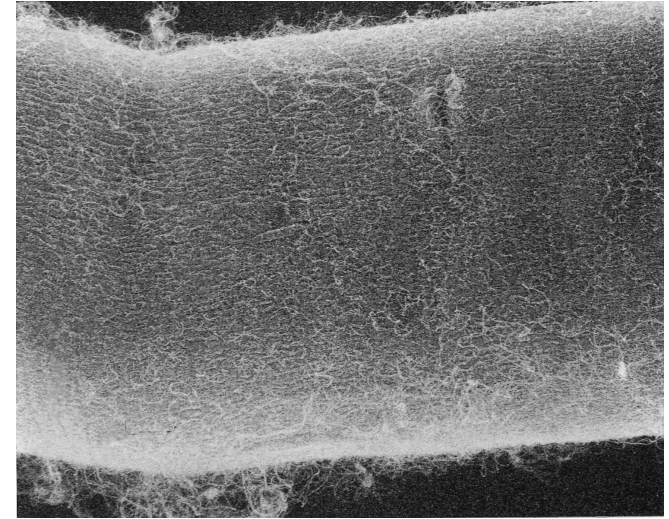
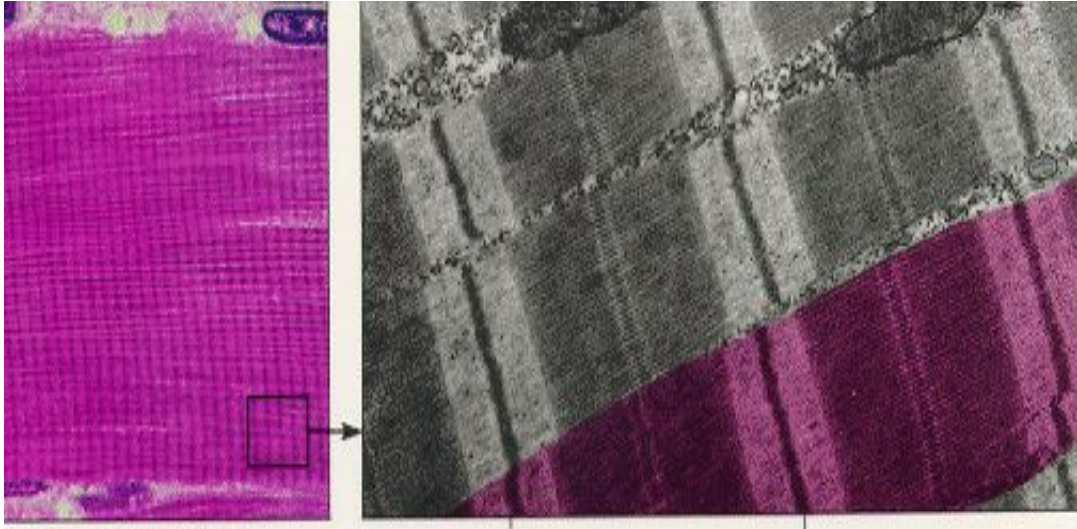
1. **Изометрический** – длина мышцы постоянна, но развивается внутреннее напряжение за счет силы растяжения упругих элементов.
2. **Изотонический** – укорочение мышцы при постоянном напряжении или нагрузке.
3. **Ауксотонический (смешанный)** – длина мышцы уменьшается наряду с возрастанием развиваемой ею силы.

Типы мышечных волокон

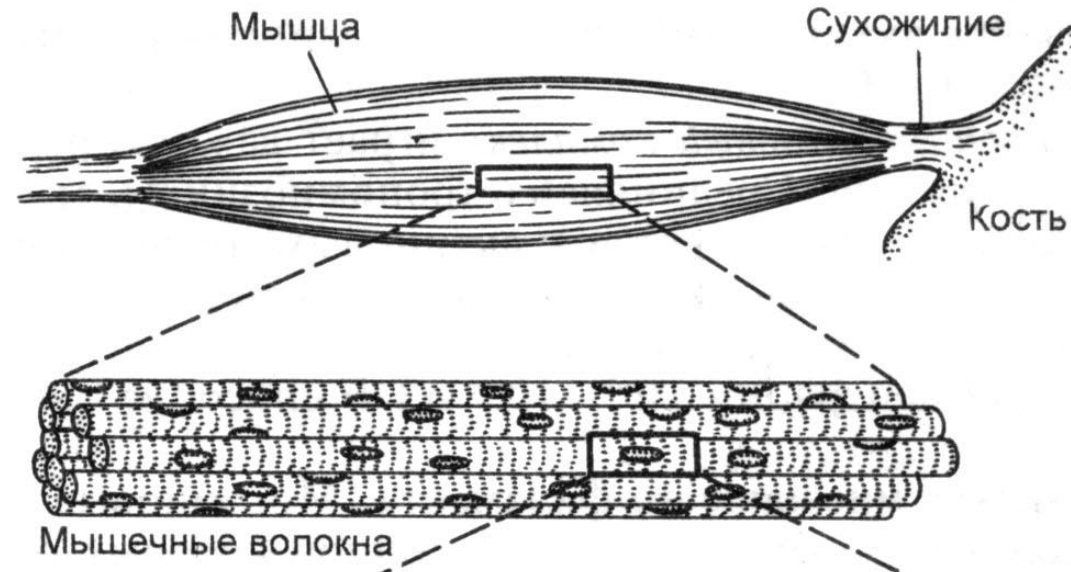
Быстрые Промежуточные Медленные



СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

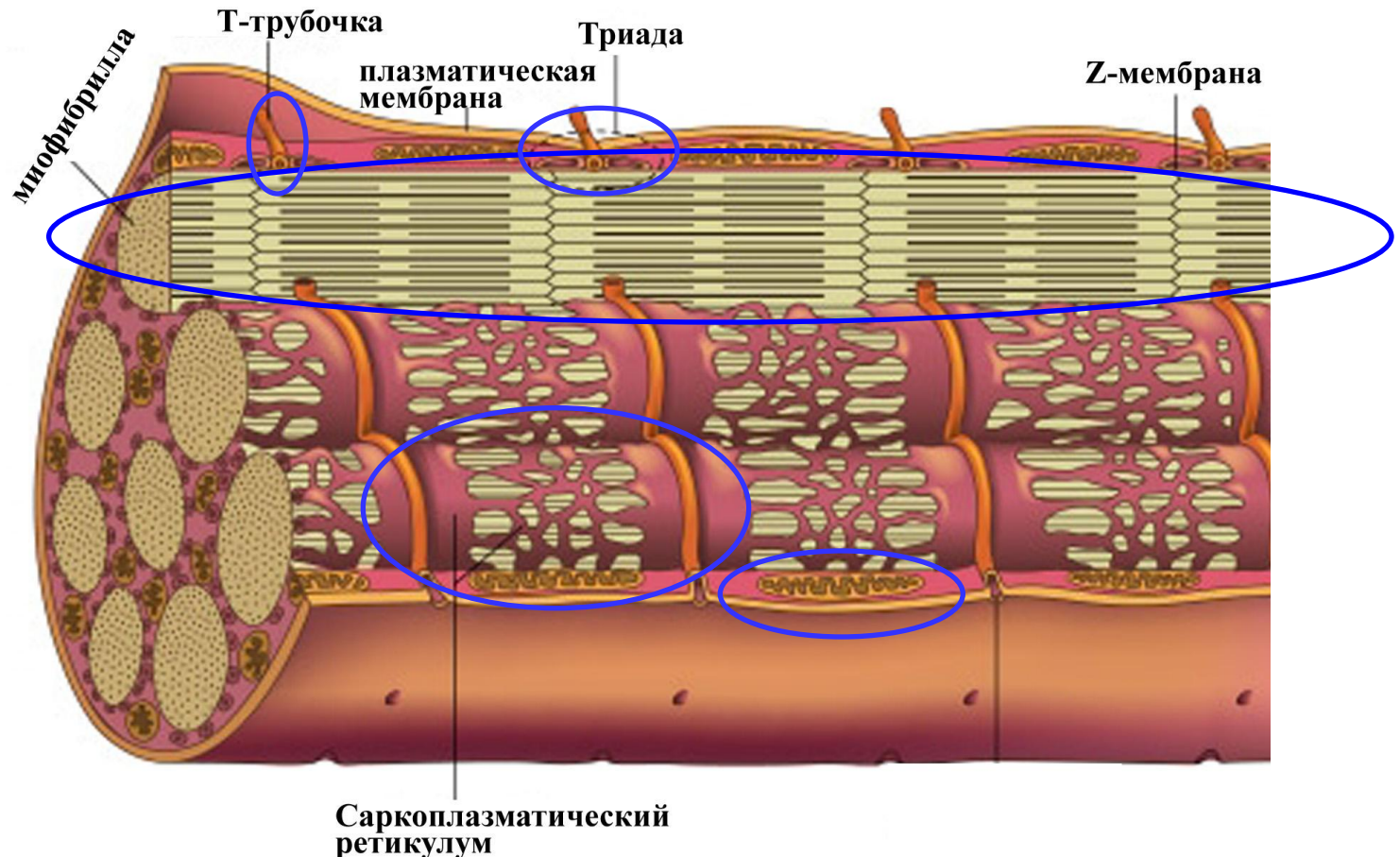


Мышца состоит из
мышечных волокон.

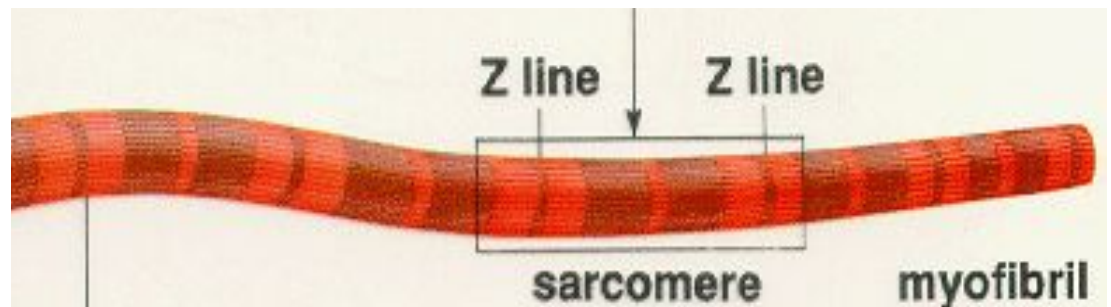
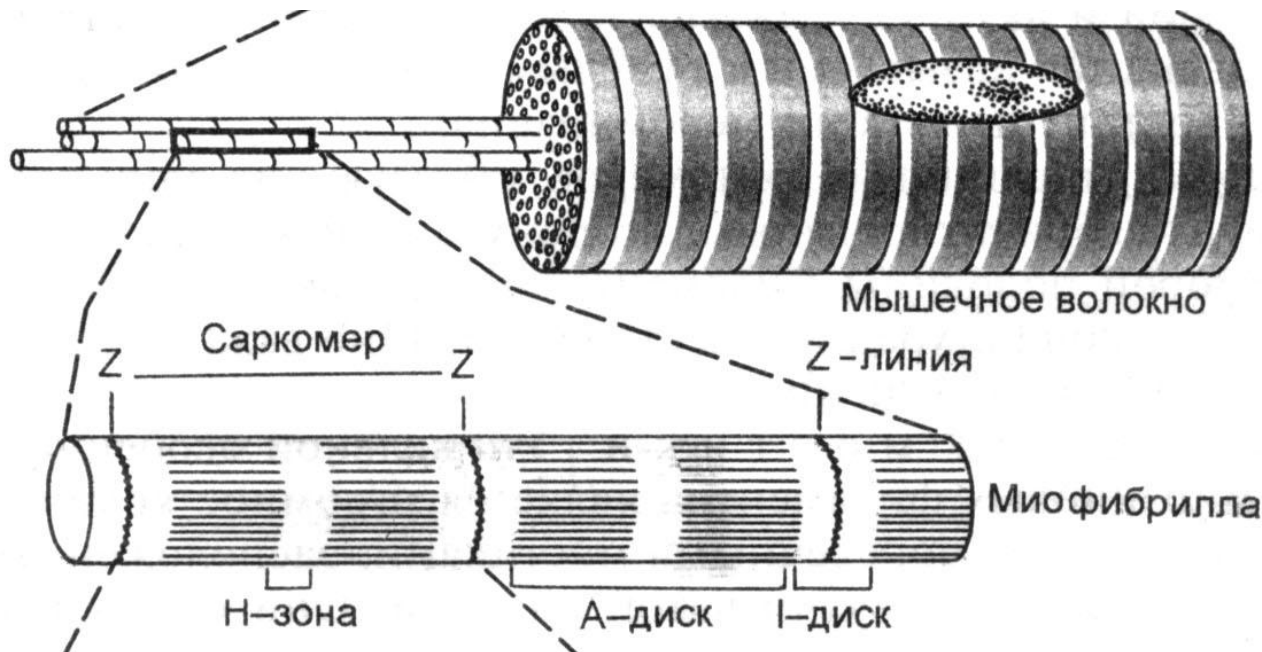


СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

- 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)*.



Миофибриллы содержат *саркомеры* – структурно-функциональные единицы мышцы.



СТРОЕНИЕ САРКОМЕРА МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

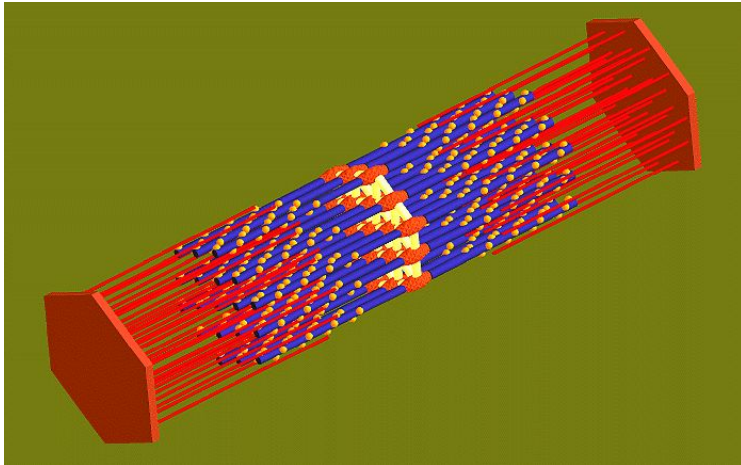
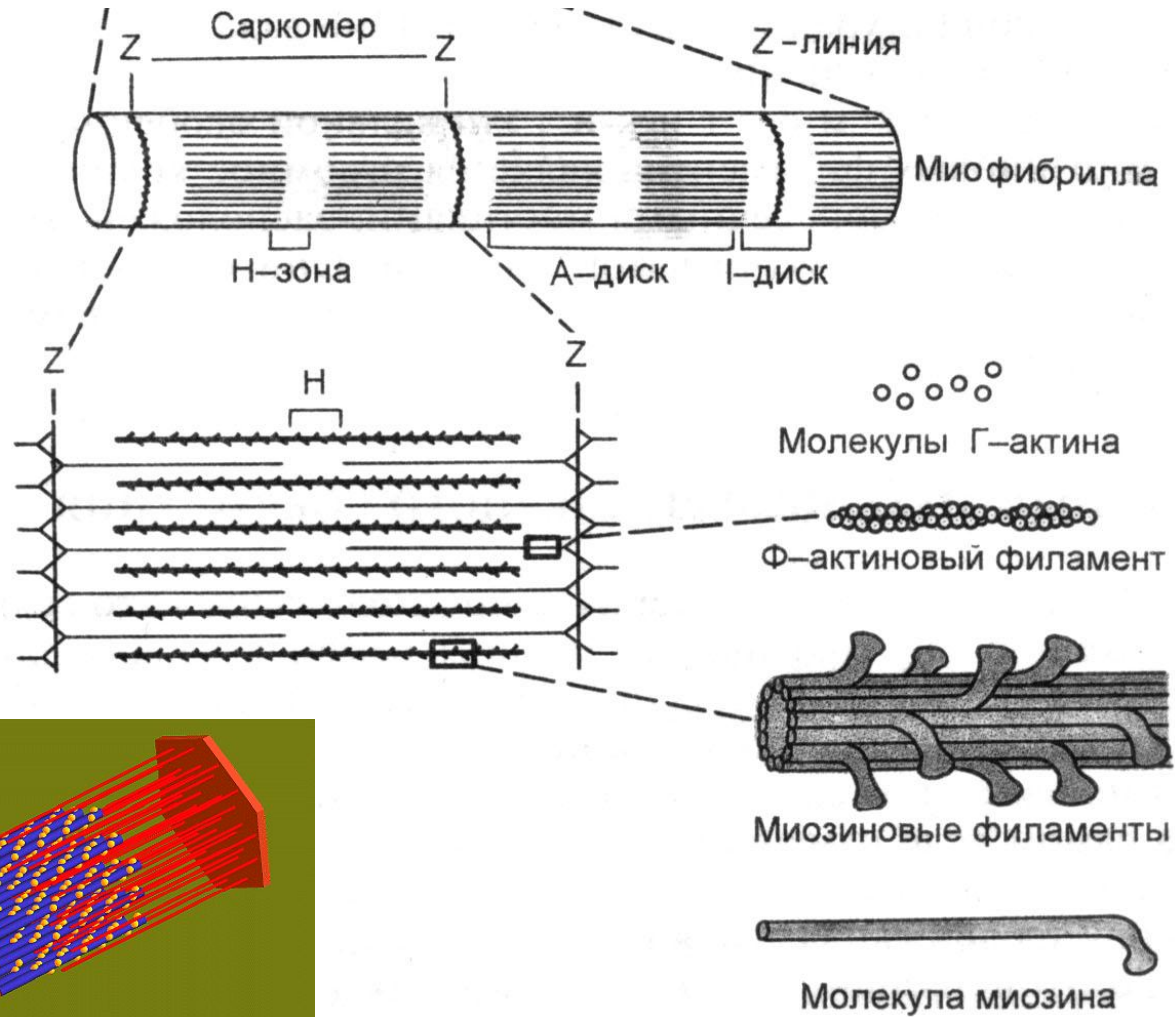
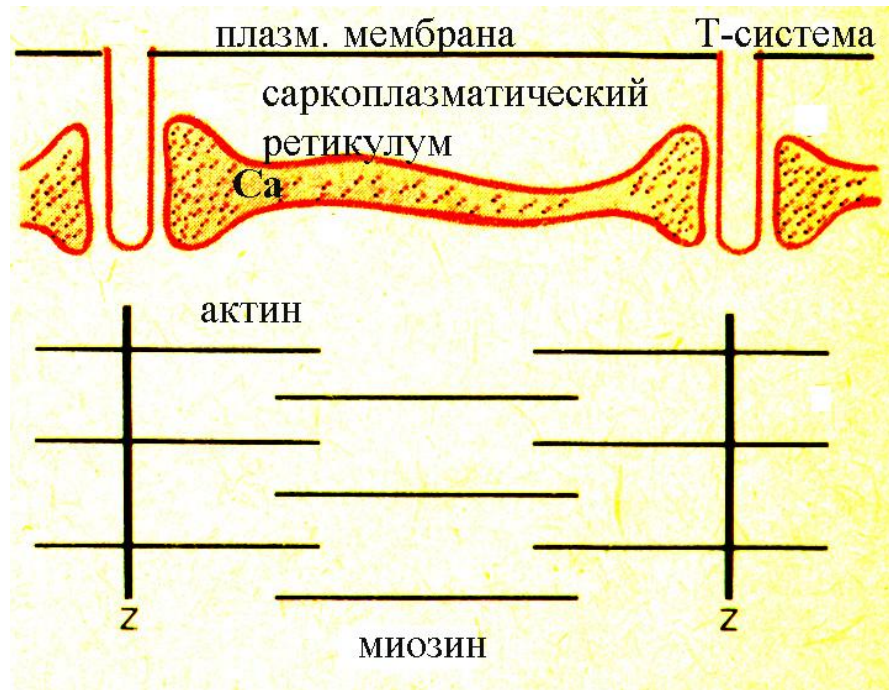
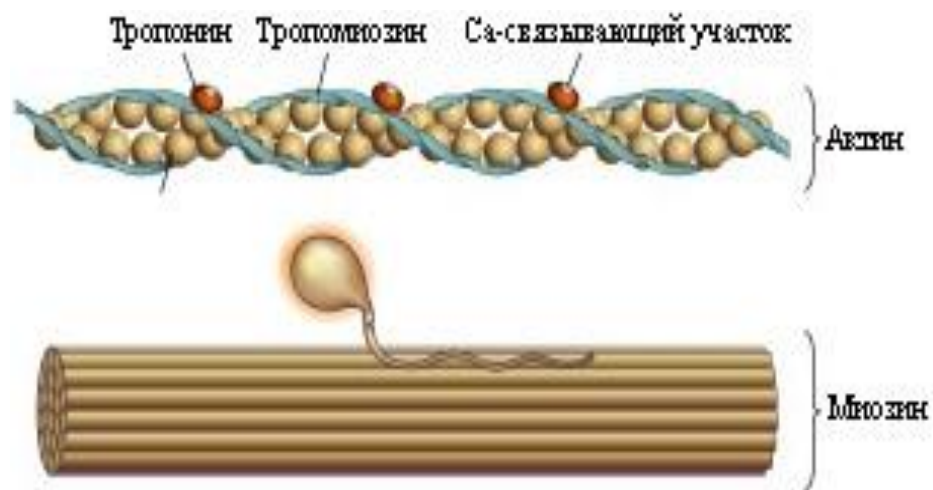
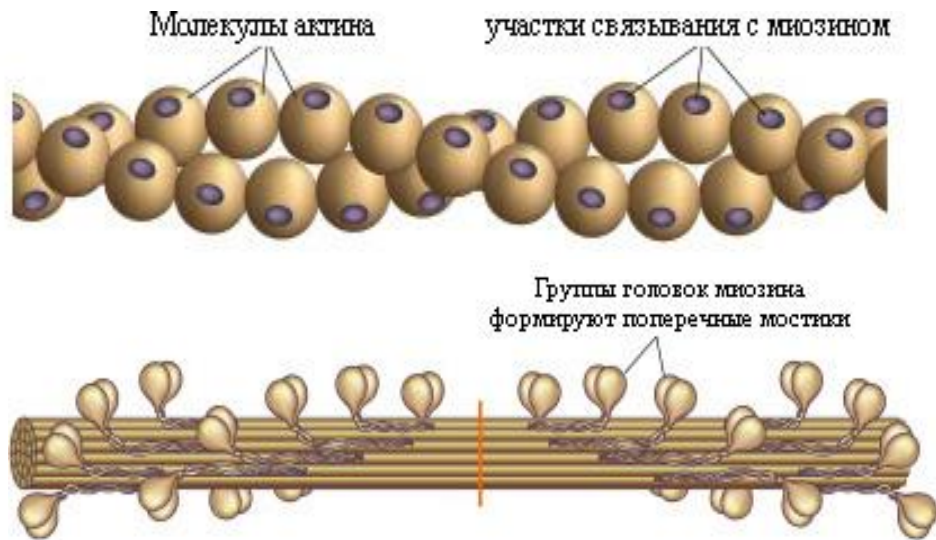


СХЕМА СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ЕДИНИЦЫ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА



- Саркомер состоит из сократительных белков и **Z-мембран**.
- Z-мембраны располагаются в области Т-трубочек.
- К Z-мембранам крепятся тонкие нити белка **актина**.
- Между нитями актина располагаются толстые нити белка **миозина**.
- Сокращение мышцы происходит путем взаимного **скольжения** нитей актина и миозина.
- **Сопряжение** возбуждения мембраны мышечного волокна и скольжения нитей обеспечивает работа Т-систем.

Строение актина и миозина

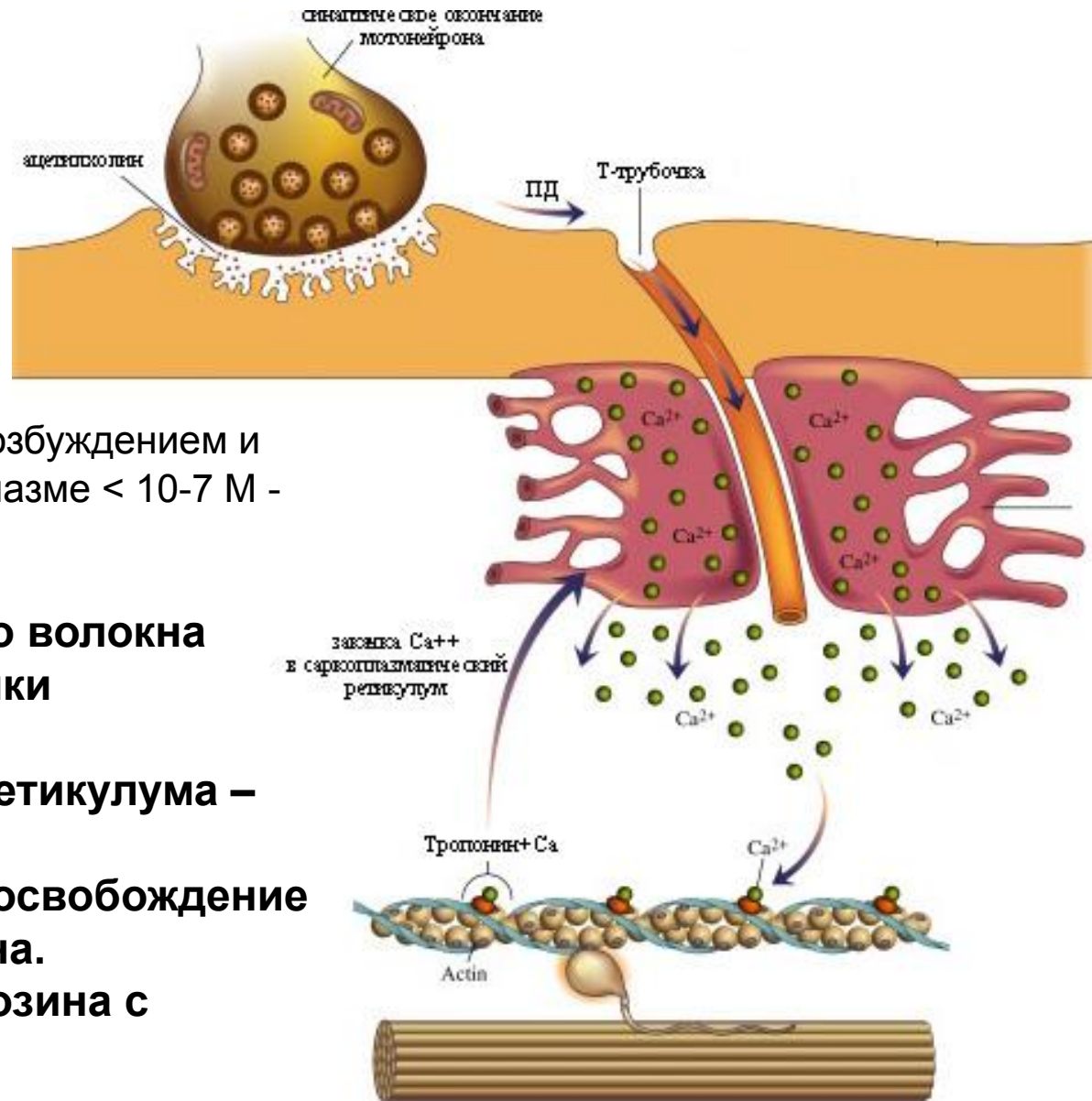


Миозиновые нити имеют выступы – **поперечные мостики**. На их концах расположены утолщения - «головки» миозина.

На актиновых нитях расположены **активные центры**, способные связываться с головками миозина.

В покое активные центры актина закрыты белком **тропомиозином**. Тропомиозин фиксирован на актине с помощью белка **тропонина**. Тропонин+тропомиозин – **тропонин-тропомиозиновый комплекс (ТТК)**.

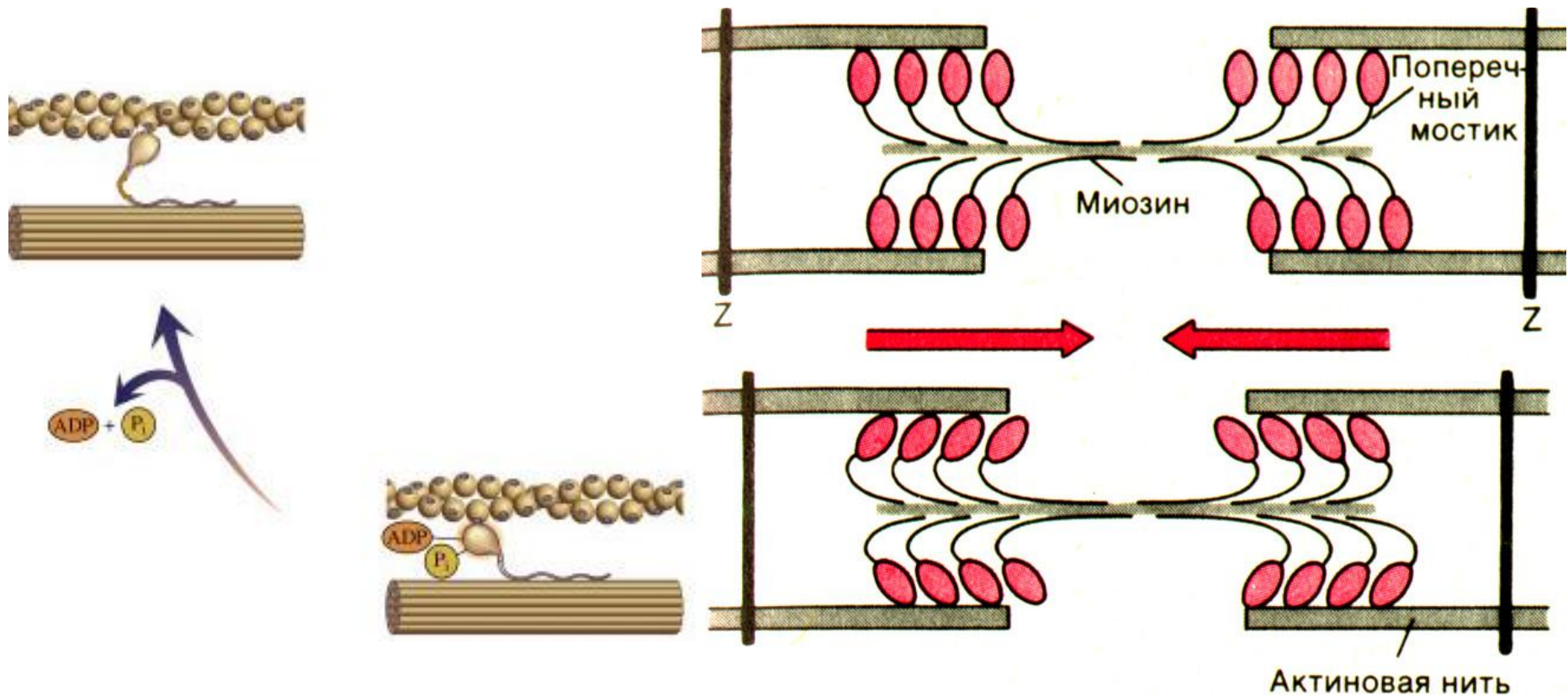
Механизм скольжения нитей актина и миозина. Электромеханическое сопряжение.



Ион Ca²⁺ – посредник между возбуждением и сокращением. Ca²⁺ в цитоплазме < 10⁻⁷ М – мышца расслаблена.

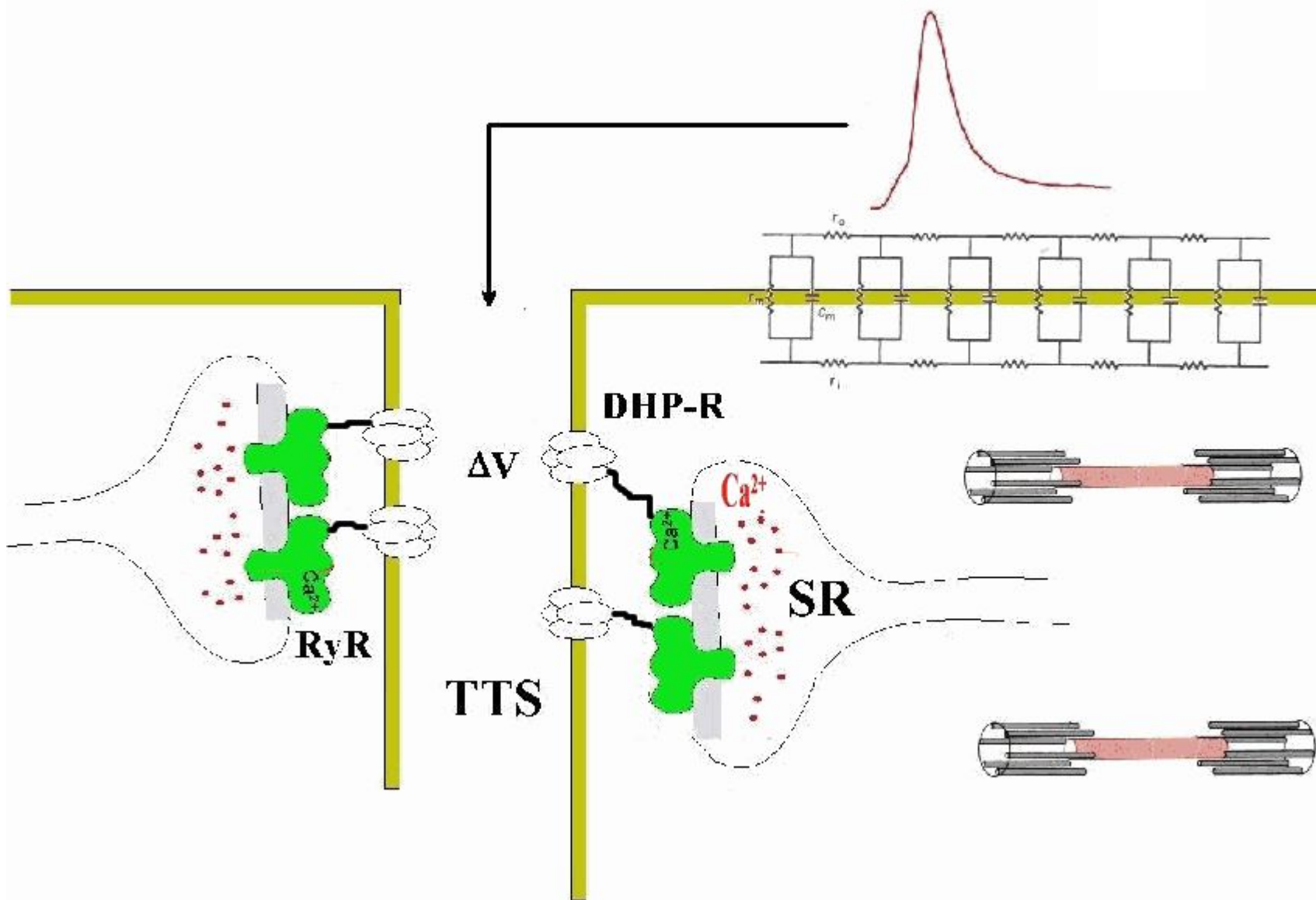
1. Возбуждение мышечного волокна
2. Деполяризация Т-трубочки
3. Открытие Ca-каналов саркоплазматического ретикулума – выход Ca²⁺.
4. Действие Ca²⁺ на ТТК – освобождение активных участков актина.
5. Связывание головок миозина с актином.

Механизм скольжения нитей: укорочение саркомера

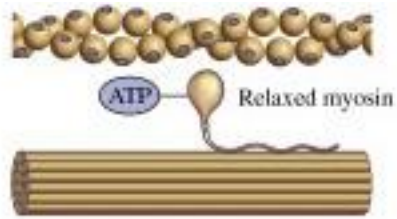


6. Гидролиз АТФ головки миозина, отсоединение АДФ и Ф – высвобождение энергии – смещение головок миозина по направлению к актину (от 90 град до 45 град) – скольжение актиновой нити на один шаг по направлению к центру саркомера, в результате саркомер укорачивается.

Электромеханическое сопряжение



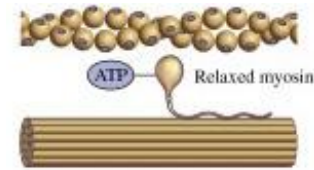
Механизм скольжения: разобцение нитей



Отсоединение головки миозина от актина:
связывание **свободной АТФ** с головкой миозина.

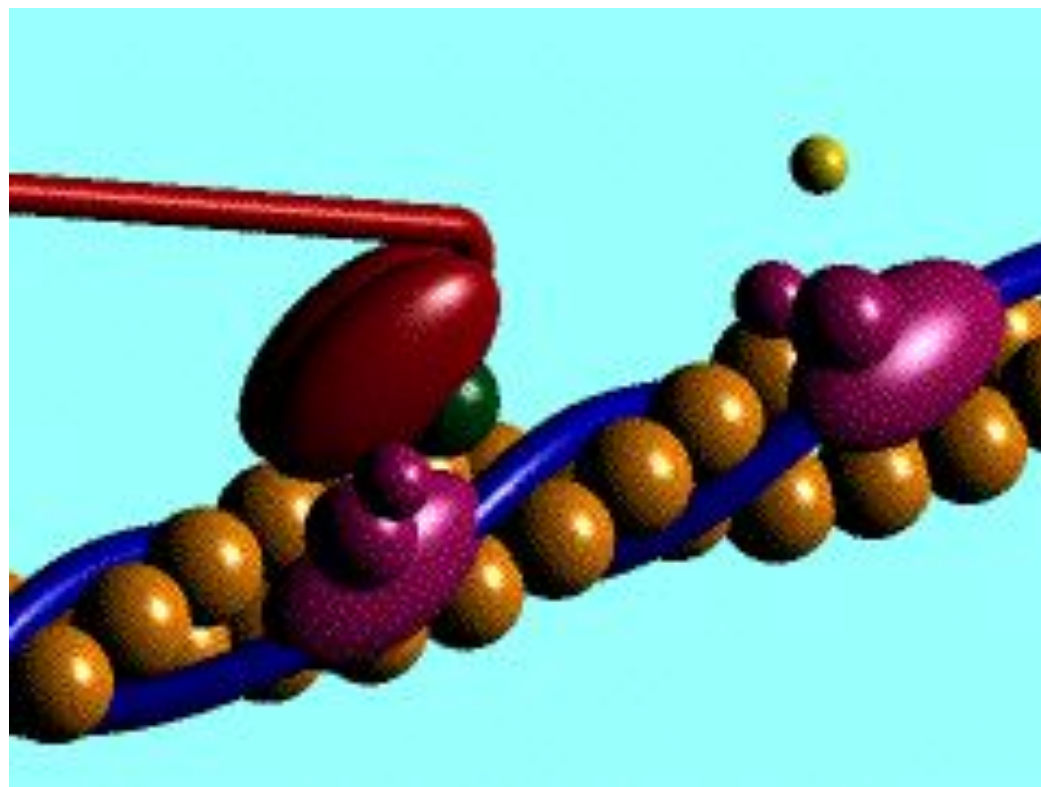
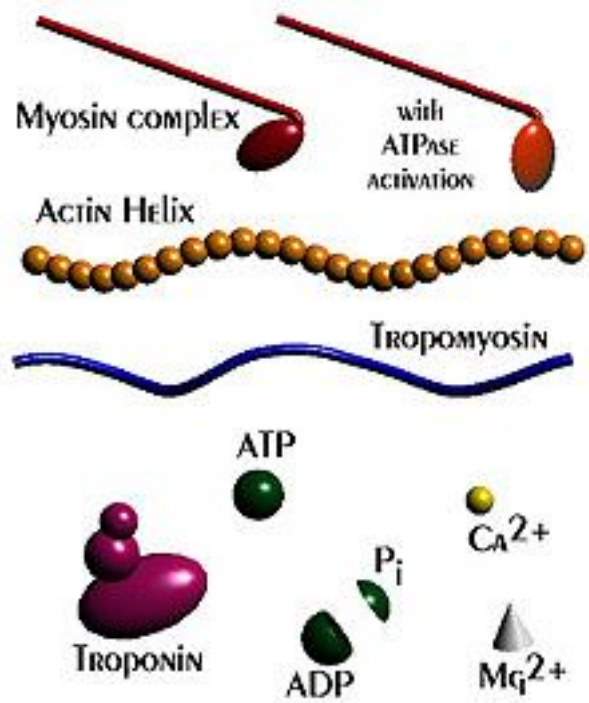


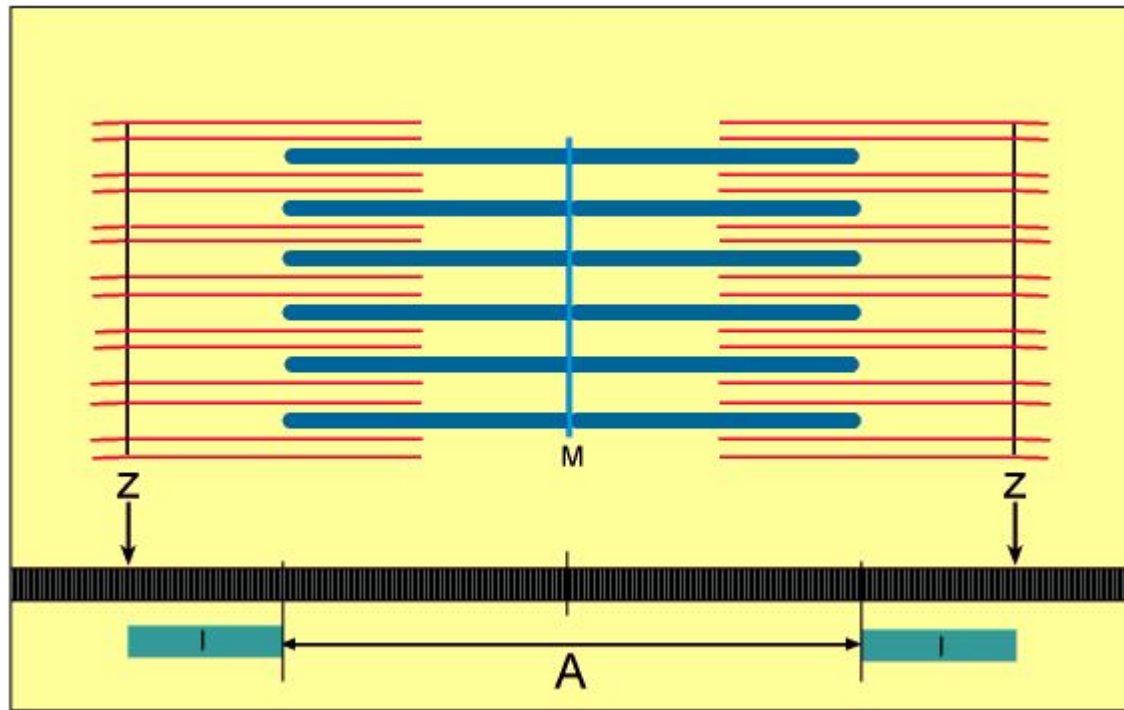
Поперечный мостик распрямляется,
головка миозина присоединяется к
следующему активному центру актина.



+ Mg

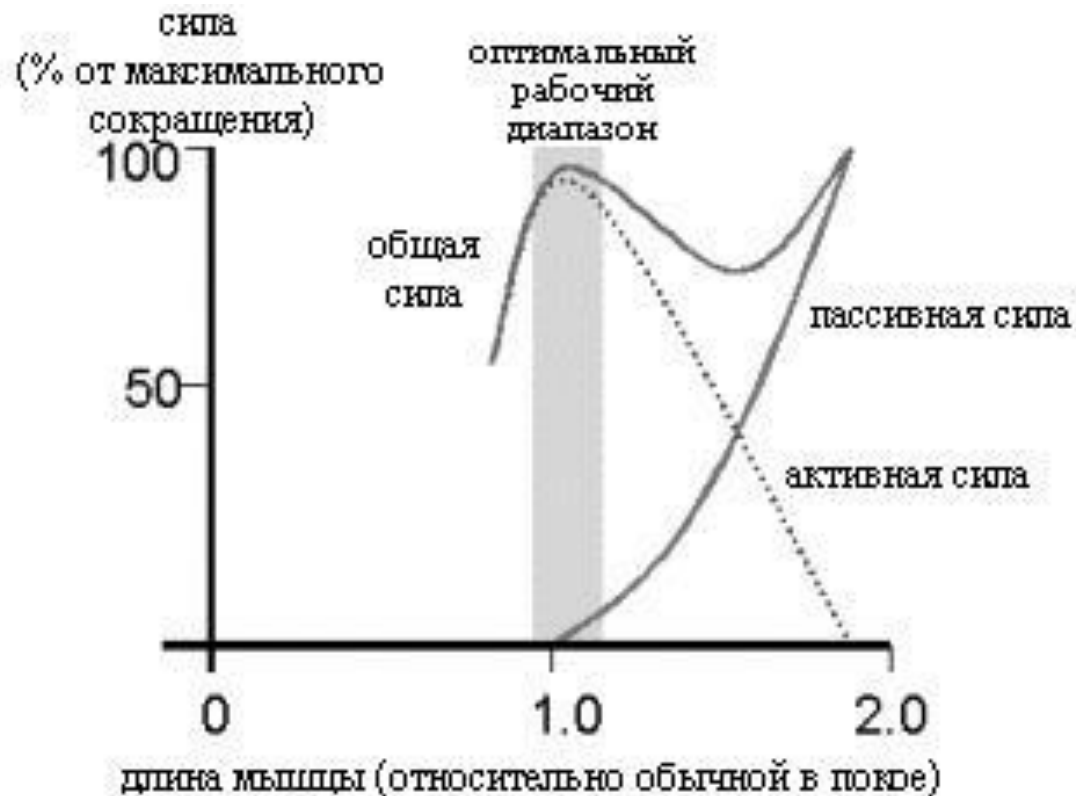






Расслабление мышцы происходит в результате **снижения** уровня Ca^{++} в цитоплазме. Ca^{++} закачивается обратно в саркоплазматический ретикулум с помощью **Са-насоса** мембраны ретикулума.

ЗАВИСИМОСТЬ СИЛЫ СОКРАЩЕНИЯ ОТ ИСХОДНОЙ ДЛИНЫ МЫШЦЫ



A light micrograph of smooth muscle tissue. The image shows several bundles of spindle-shaped cells with single, centrally located nuclei. The cells are arranged in a somewhat parallel fashion, and the overall appearance is that of a dense, fibrous tissue. The nuclei are stained dark purple, while the cytoplasm and surrounding connective tissue are stained pink.

ФИЗИОЛОГИЯ

ГЛАДКИХ

МЫШЦ

Nonstriated
Spindle-shaped
Single Nucleus

Гладкие мышцы располагаются в стенках внутренних полых органов:

- Сосудов
- Верхних дыхательных путей
- Желудочно-кишечного тракта
- Мочевого пузыря
- Матки, семявыносящих протоков

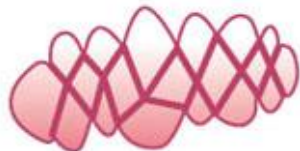


Сократительные особенности гладких мышц

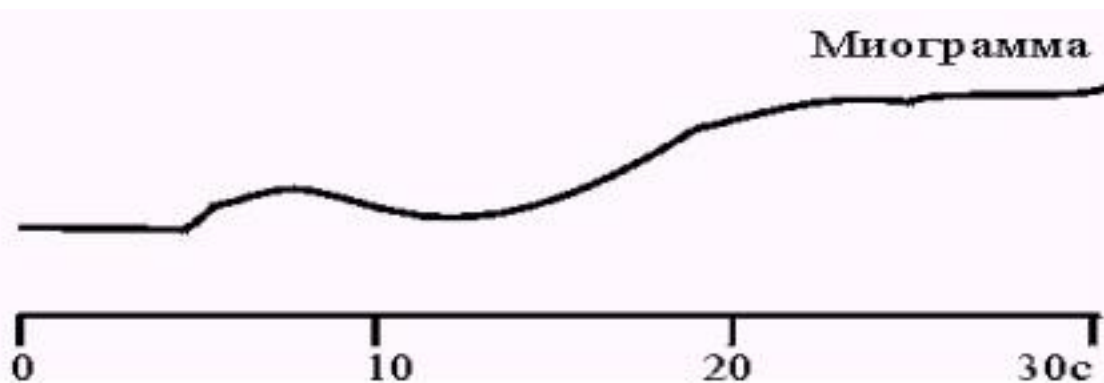
- 1) Миофибриллы с саркомерами располагаются *нерегулярно*.
- 2) Другой механизм сокращения (участвует внешний Ca^{++}).
- 3) Сокращение развивается *позже, более медленно*, чем в скелетных мышцах, и имеет *меньшую амплитуду*.
- 4) Обладают **пластичностью** – способностью сохранять длительное время форму после растягивающей деформации.



в состоянии расслабления



в состоянии сокращения



промежуточный филамент

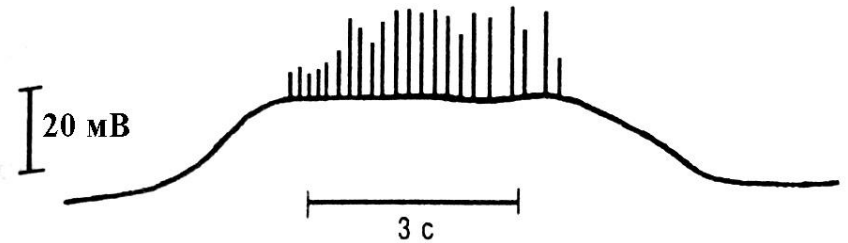
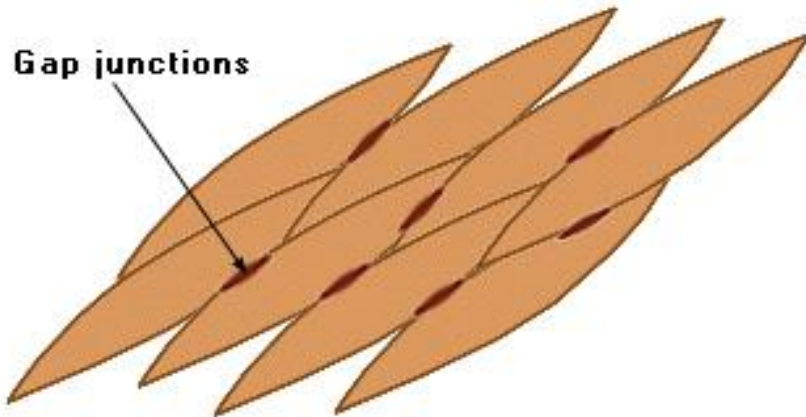
Миозин

Актин

плотное тельце

Особенности возбуждения гладких мышц

1. **Способность к автоматии.**
2. **Низкий мембранный потенциал покоя**
3. **Наличие потенциалзависимых медленных Са-каналов на плазматической мембране.**
4. **Потенциал действия может иметь плато.**
5. **В гладкомышечной ткани есть некоторое количество нексусов.**
6. **Гладкомышечные клетки иннервируют нервные волокна автономной нервной системы.**



Сравнительная характеристика скелетных и гладких мышц

Характеристика	Скелетная мышца	Гладкая мышца
Диаметр мышечных волокон, мкм	< 100	< 5
Длина мышечных волокон, мкм	200 000	< 200
Т-трубочки	есть	нет
Расположение миофибрилл	Упорядочено	Не упорядочено
Саркоплазматический ретикулум	выражен	Менее развит, участвует внешний Ca+
Тропонин	есть	нет
Нексусы	нет	есть
МПП	-80 -90	-60 -70
Латентный период сокращения, мс	10	200
Длительность сокращения, мс	10-100	3000
Амплитуда сокращения	Высокая	низкая
Проявления нарушений функционирования	атрофия	Астма, гипертензия

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ