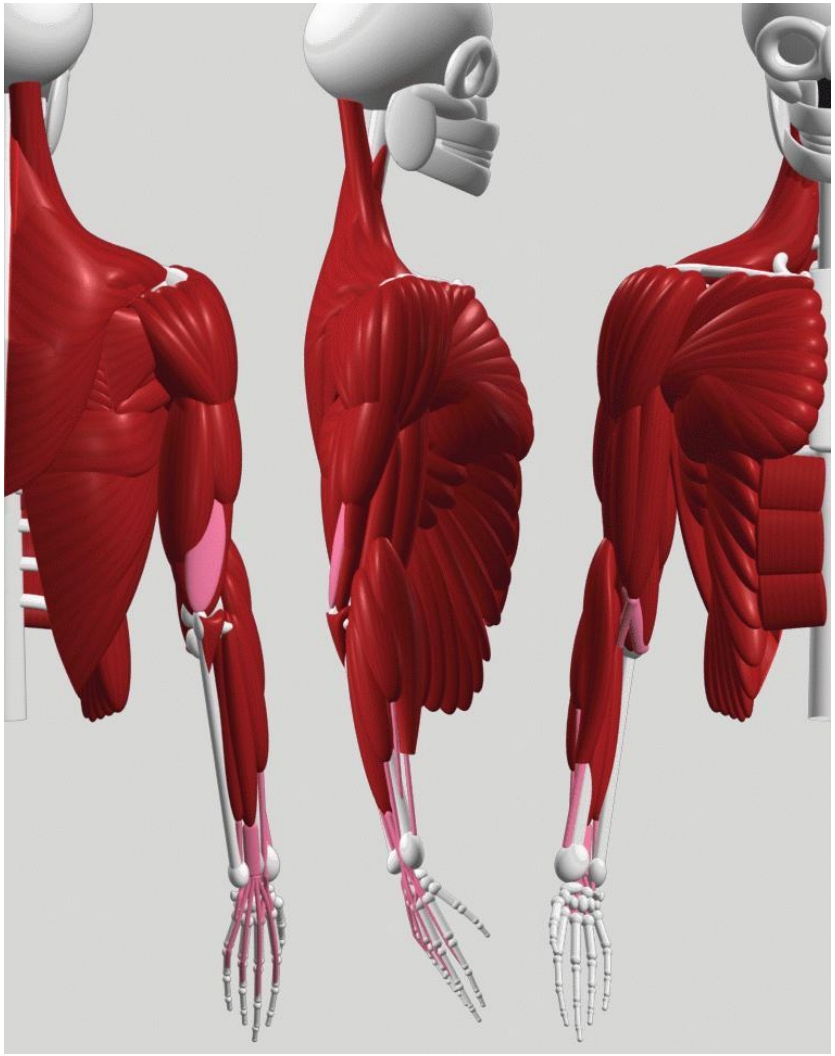
# ФИЗИОЛОГИЯ

# 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).**

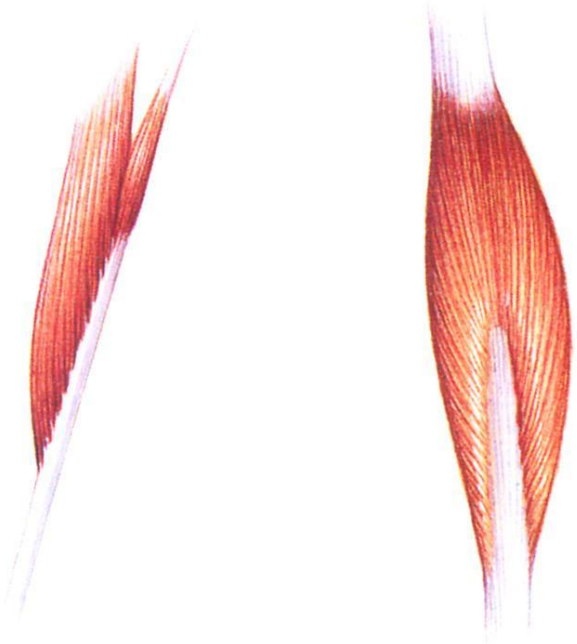
3. ***Депонирующая* – запас гликогена.**

4. ***Теплообразовательная* – интенсивное образование тепла в работающей мышце.**

# ТИПЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

**Параллельно-волокнистый**

**Веретено-образный**



**Перистые**

# СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

***Физические:***

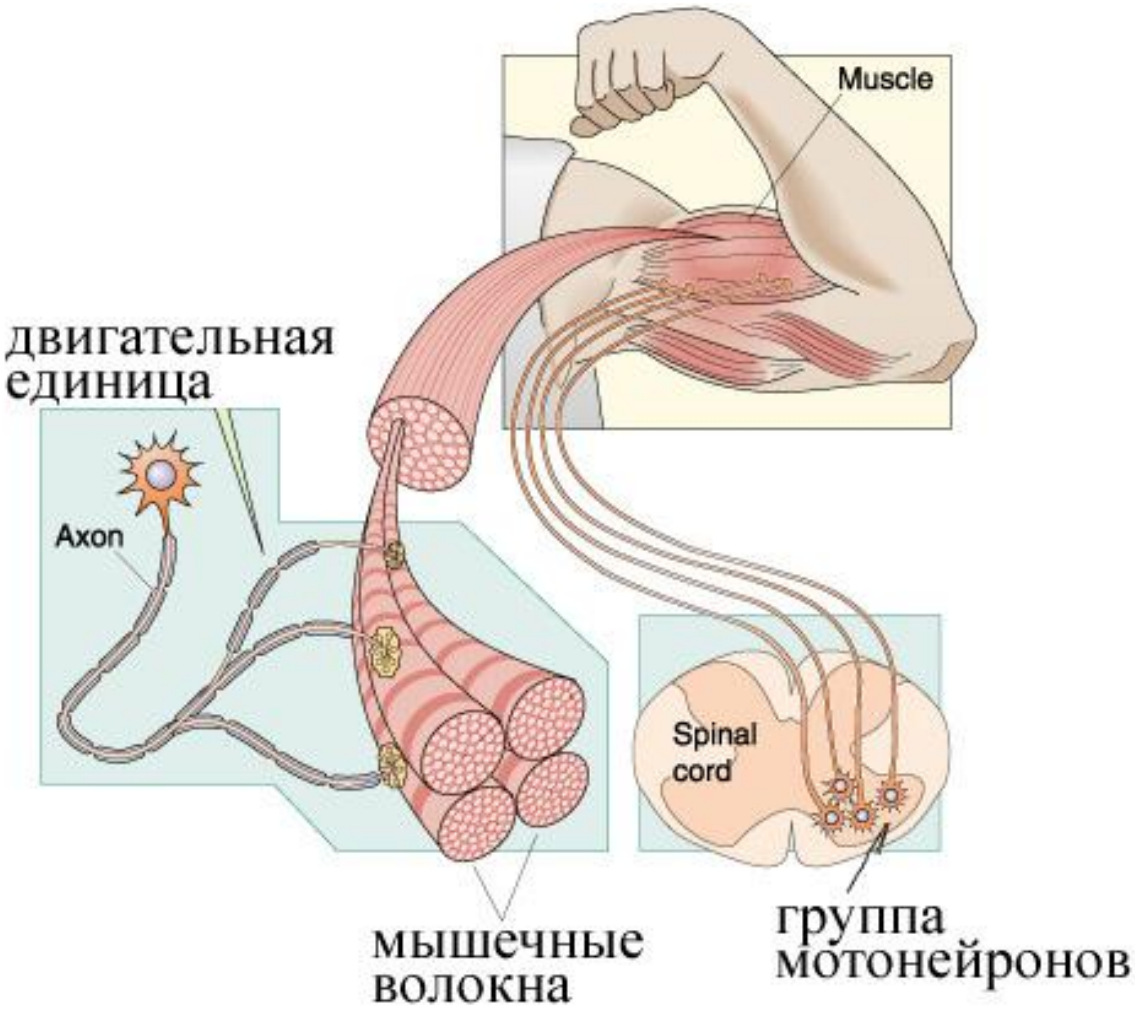
- **Эластичность – способность изменять длину под действием деформирующей силы**

- **Упругость – способность восстанавливать исходную длину после деформации**

***Физиологические:***

- **Возбудимость**
- **Проводимость**
- **Лабильность**
- **Сократимость**

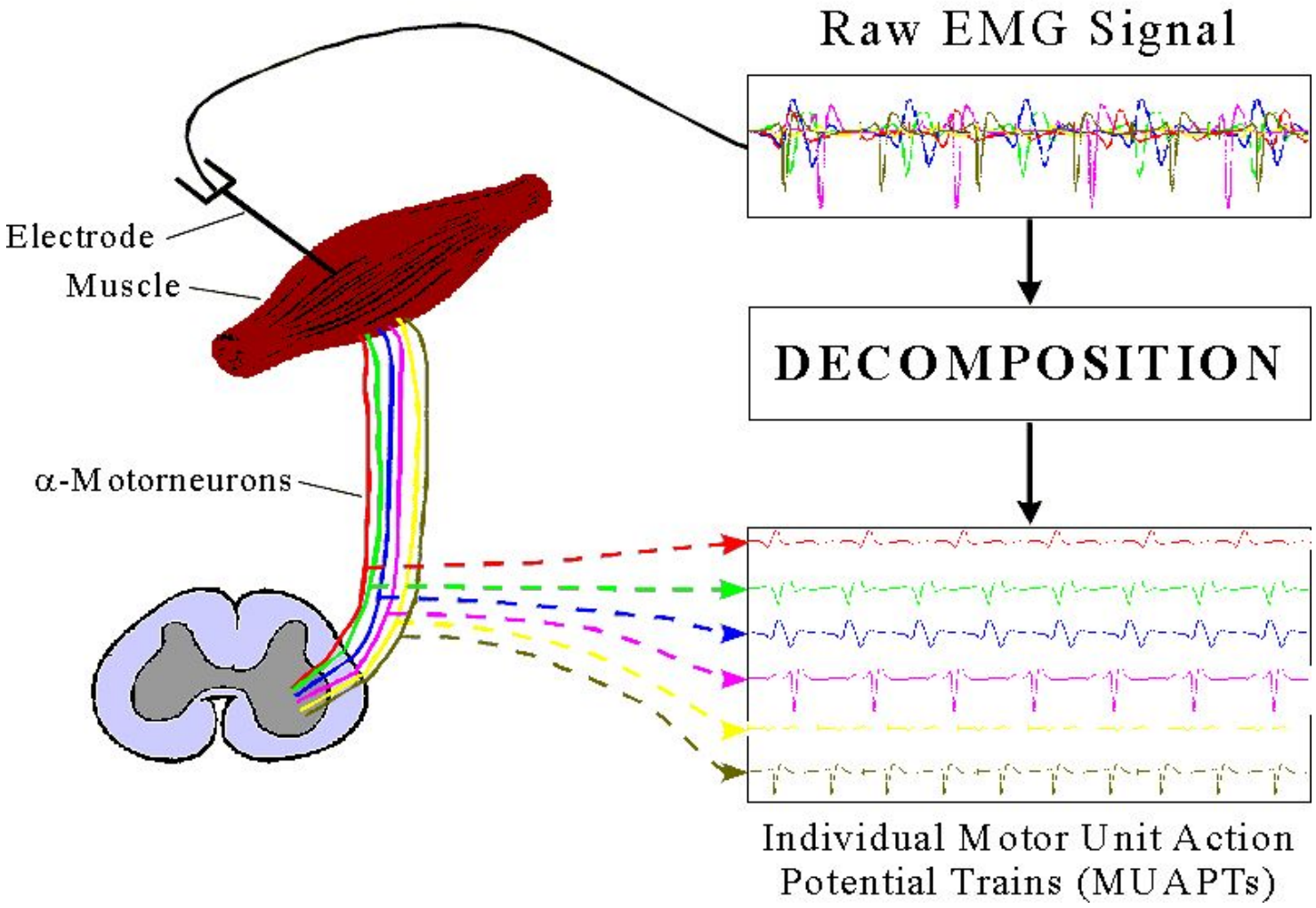
**Мышца состоит из клеток – *мышечных волокон*.**
**Мышечные волокна скелетных мышц иннервируются *мотонейронами*.**
***Двигательная единица (ДЕ)* – мотонейрон в совокупности с иннервируемыми им мышечными волокнами.**




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

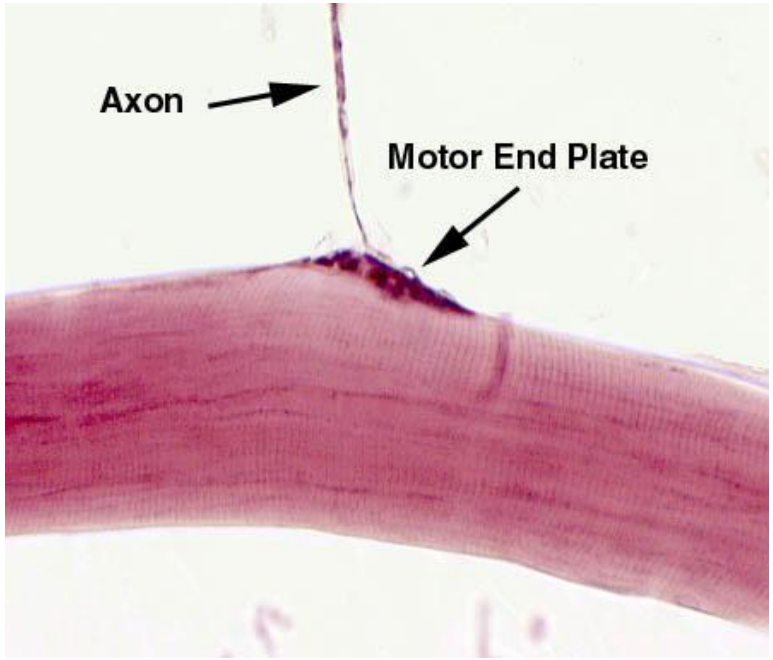
- **7 - прямая мышца глаза;**
- **560 - передняя большеберцовая мышца;**
- **2037 – икроножная мышца.**

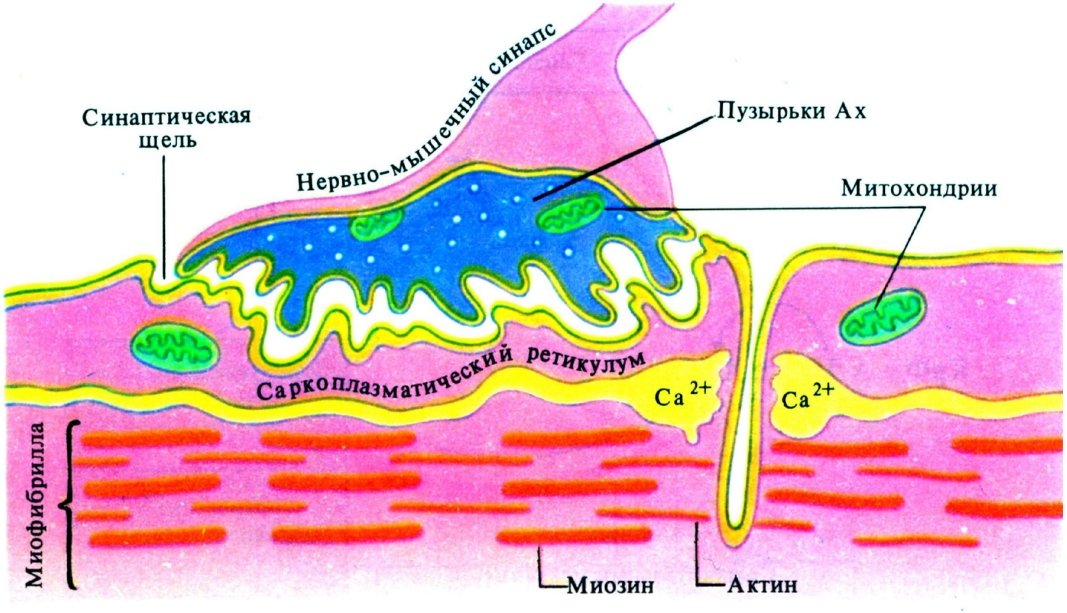
***Электромиограмма:*** **отражает возбуждение множества двигательных единиц.**

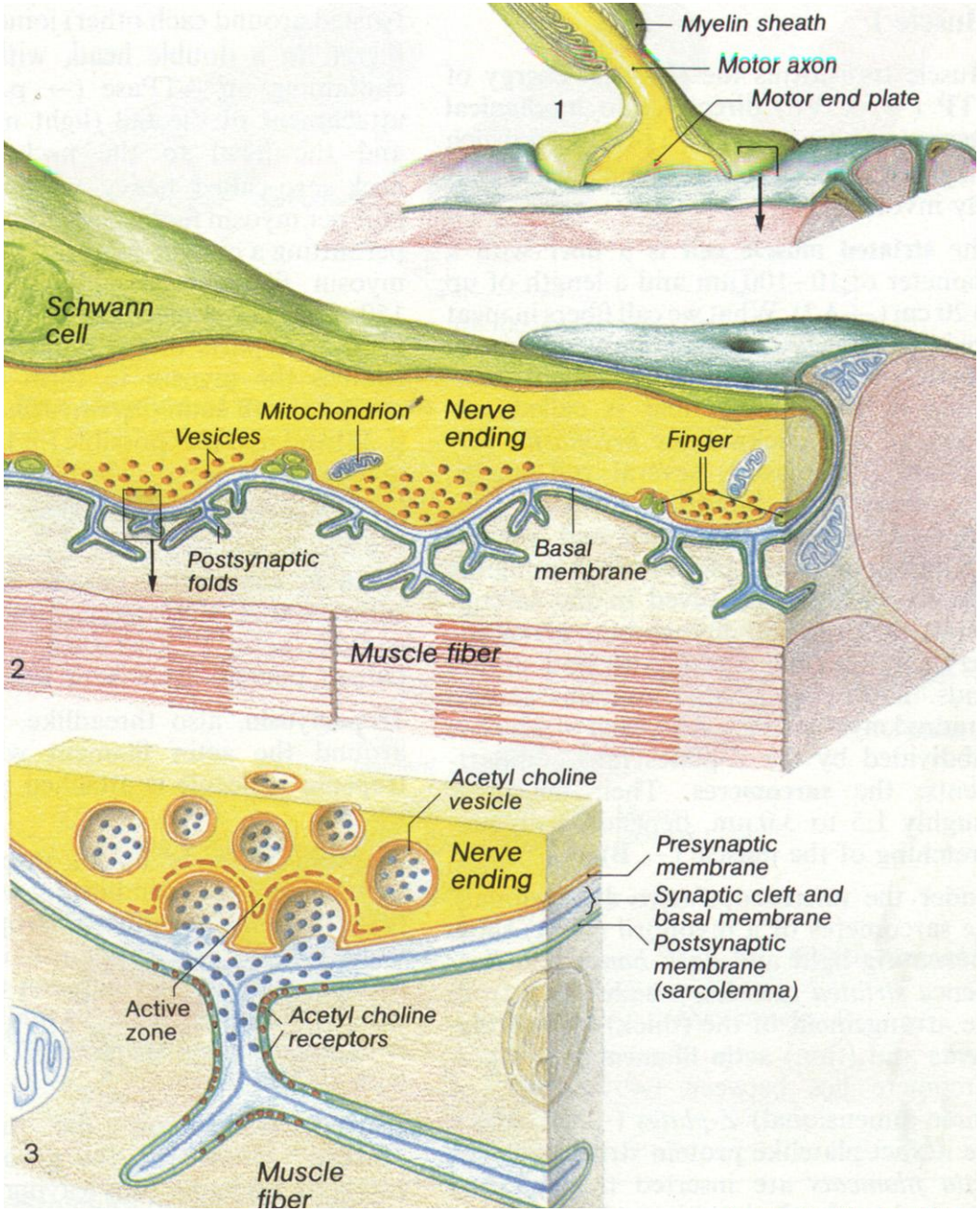


# Нервно-мышечный синапс скелетных мышц (концевая пластинка)

**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*.

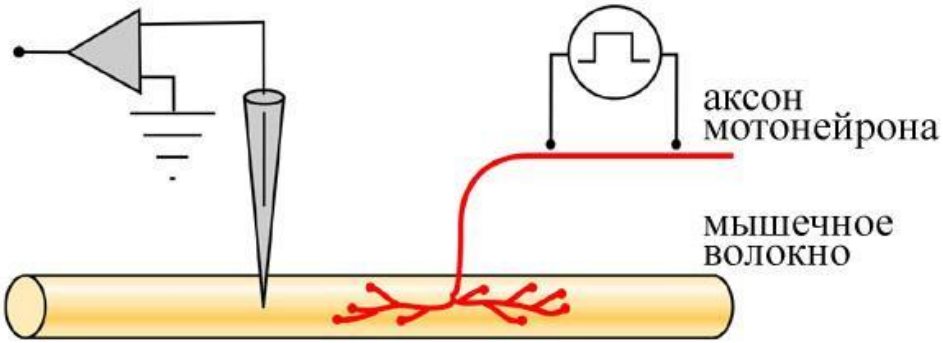
# ПОТЕНЦИАЛ КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ

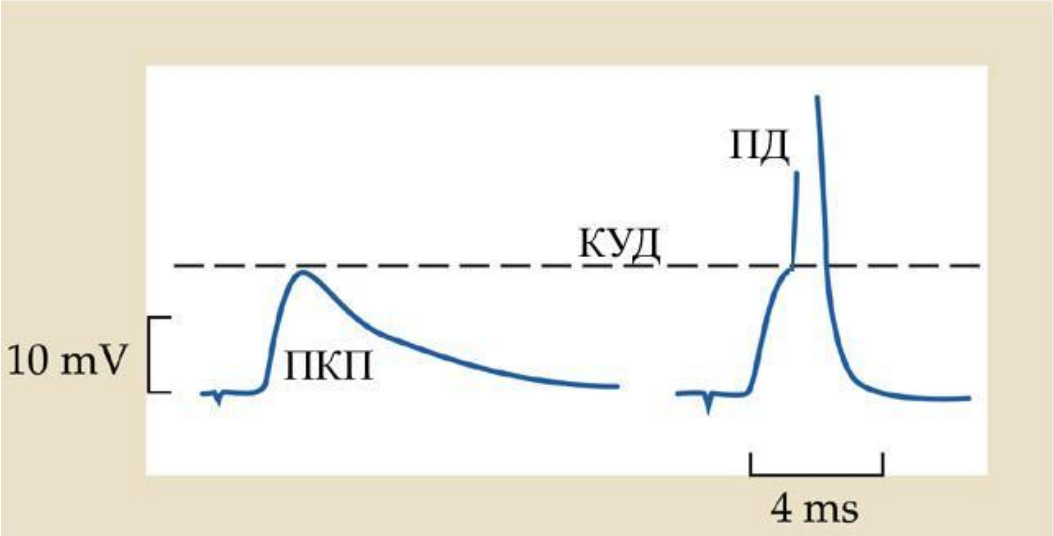
**В нервно-мышечном синапсе на постсинаптической мембране возникает *потенциал концевой пластинки (ПКП)*:**

- **ПКП имеет большую величину – экзоцитоз большого количества медиатора (содержимого 100-300 везикул).**

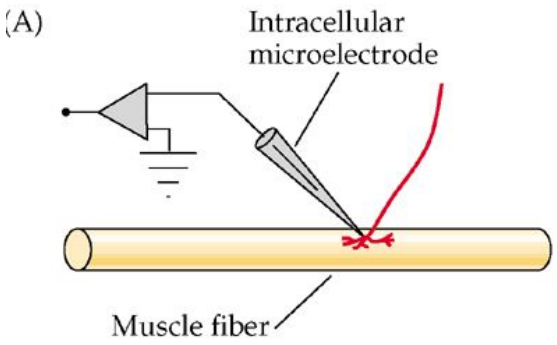
- **если амплитуда ПКП достигает критического уровня, то возникает ПД.**

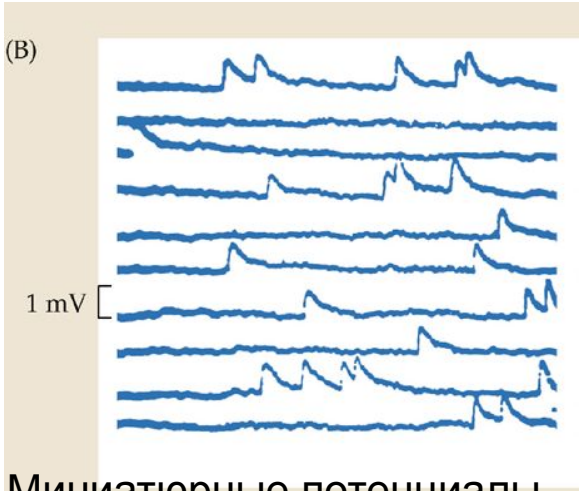
- **большая величина ПКП обеспечивает надежность нервно-мышечной передачи возбуждения**



# Миниатюрные потенциалы концевой пластинки




Миниатюрные потенциалы концевой пластинки (МПКП)

**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*

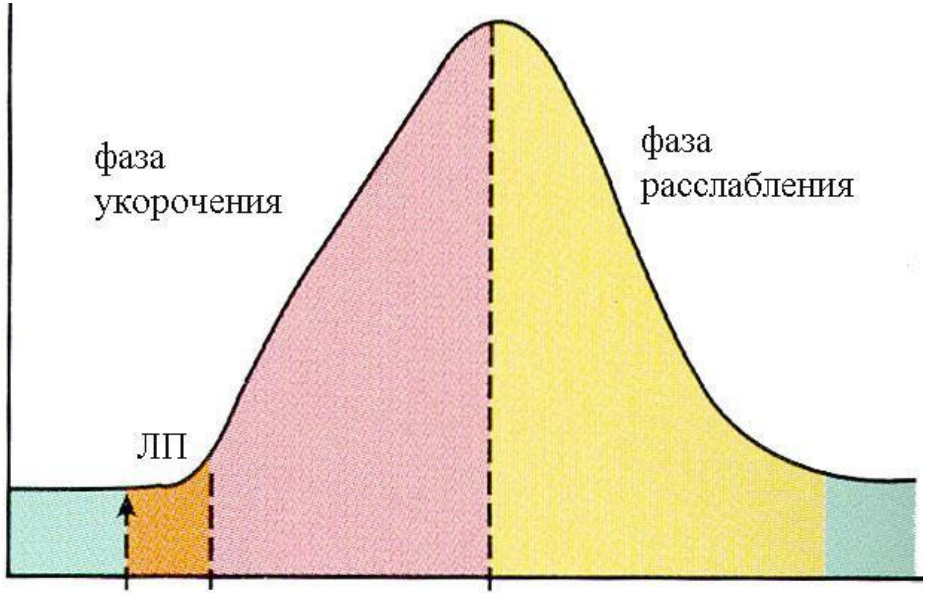
***Одиночное сокращение*** **мышцы возникает при ее однократном раздражении.**

***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).**



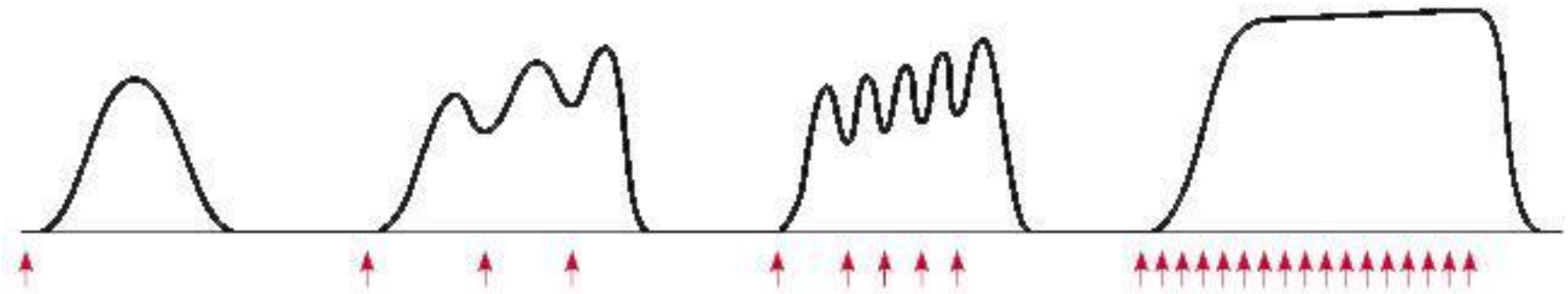
# *Тетаническое сокращение*

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

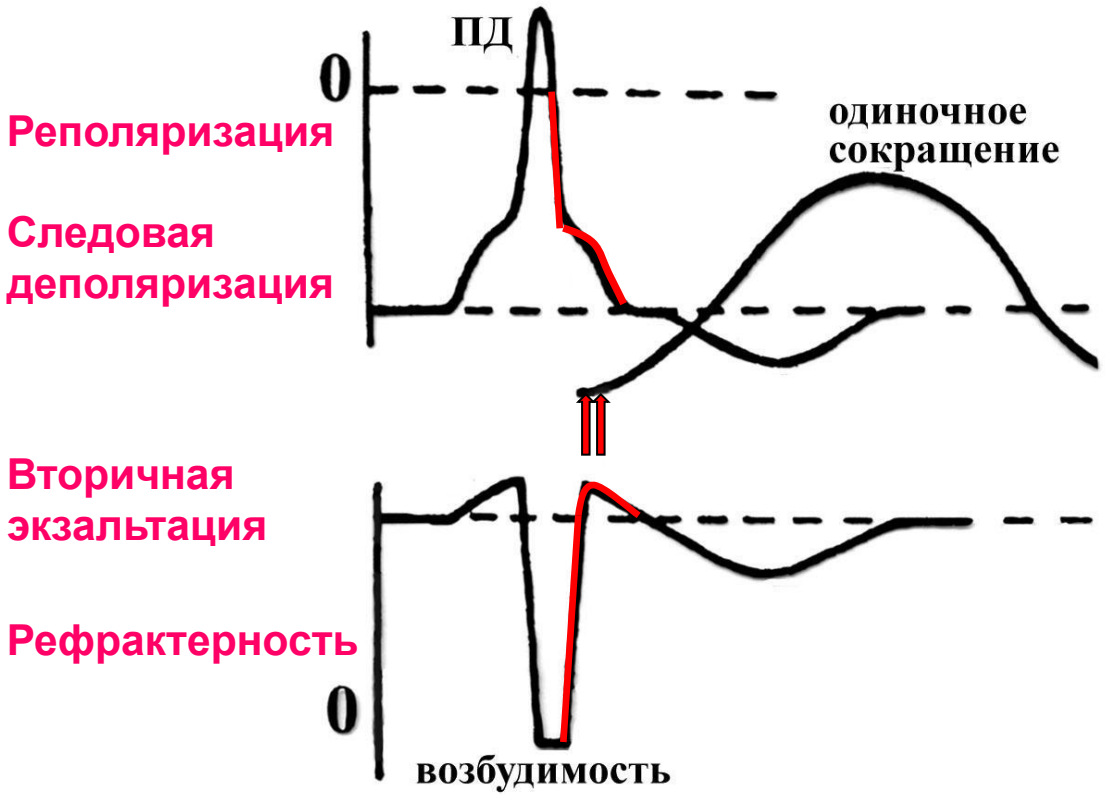
**Виды тетануса:**

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

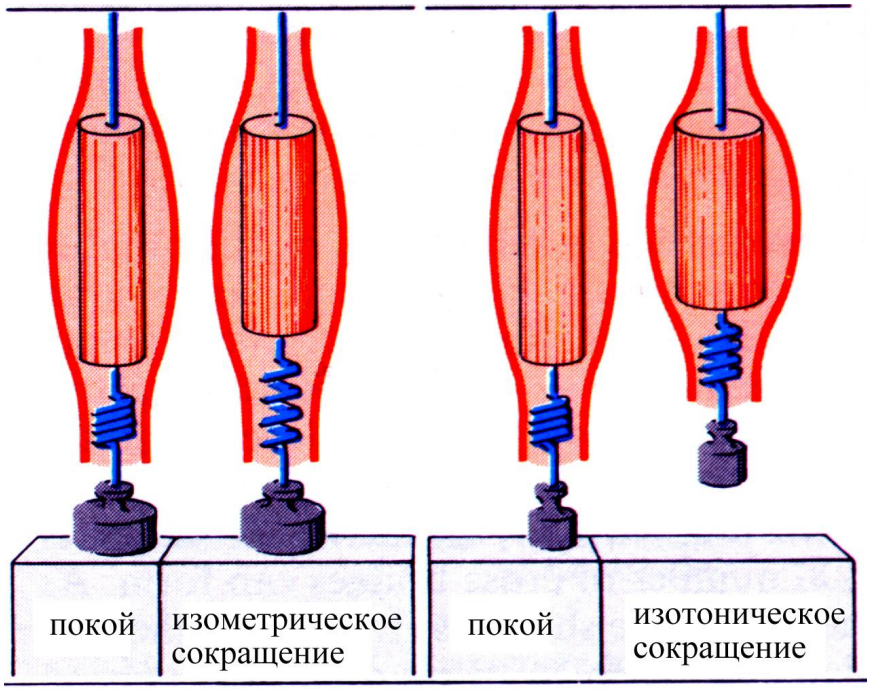
2. **Гладкий тетанус: наступает, когда каждый последующий раздражитель попадает в фазу сокращения мышцы.**



Одиночные сокращения
Зубчатый тетанус
Гладкий тетанус
Оптимум
Пессимум
Оптимум
увеличение частоты стимуляции
восстановление оптимума после снижения частоты


ПД
0
одиночное сокращение
Реполяризация
Следовая деполяризация
Вторичная экзальтация
Рефрактерность
0
возбудимость

# Режимы мышечного сокращения

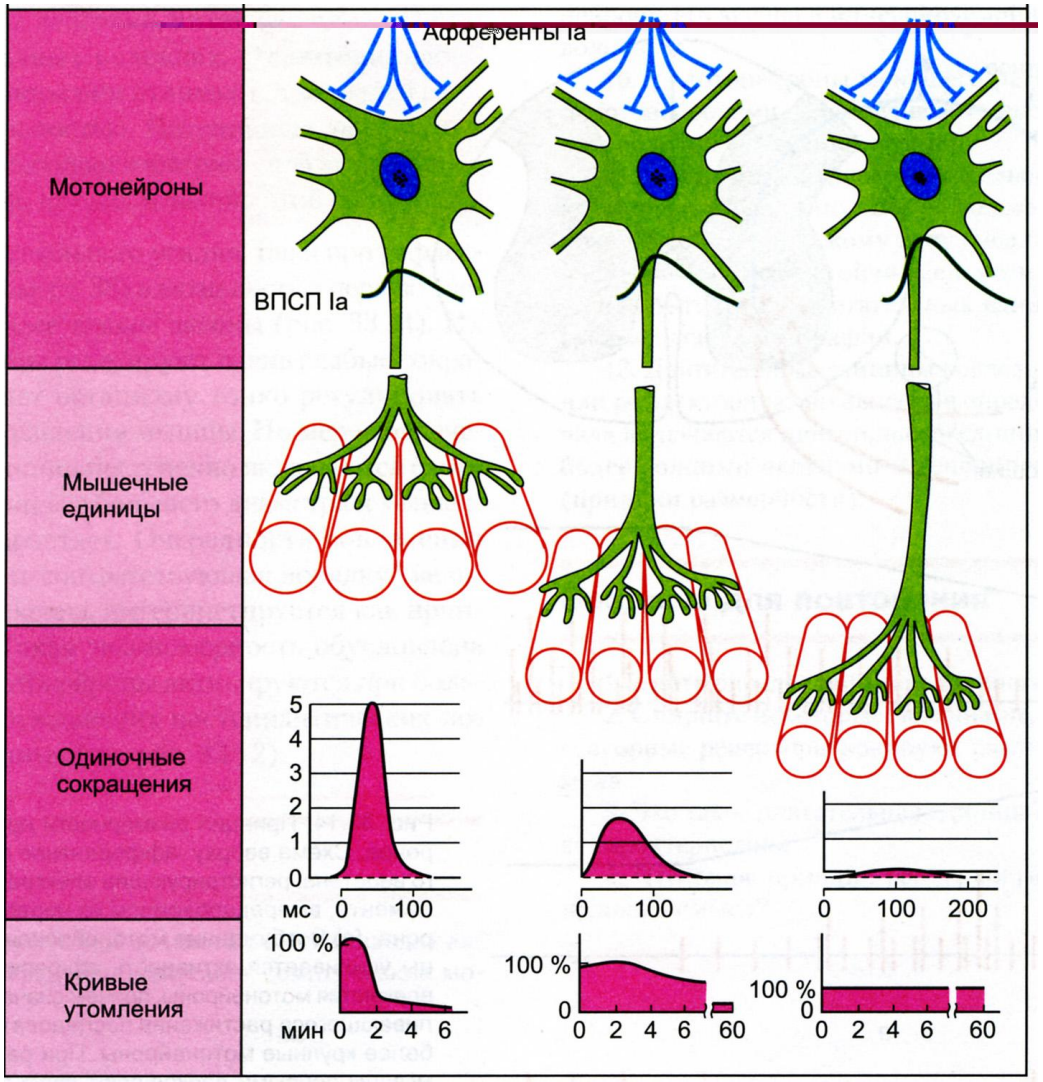



1. **Изометрический – длина мышцы постоянна, но развивается внутреннее напряжение за счет силы растяжения упругих элементов.**

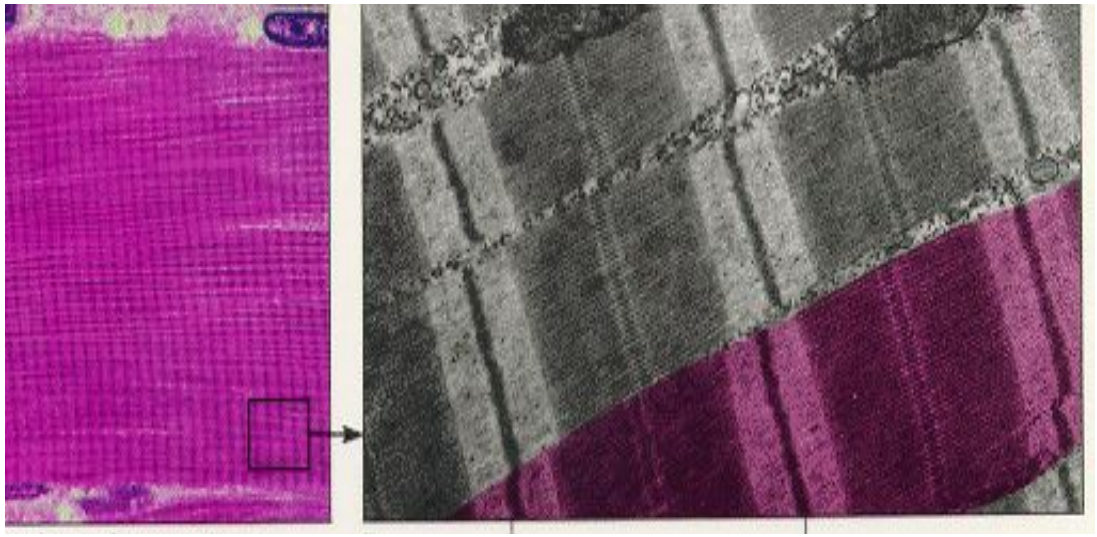
2. **Изотонический – укорочение мышцы при постоянном напряжении или нагрузке.**

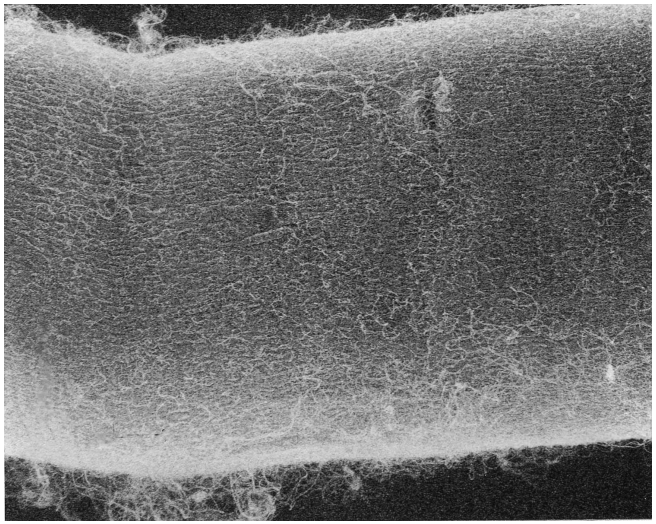
3. **Ауксотонический (смешанный) – длина мышцы уменьшается наряду с возрастанием развиваемой ею силы.**

# Типы мышечных волокон

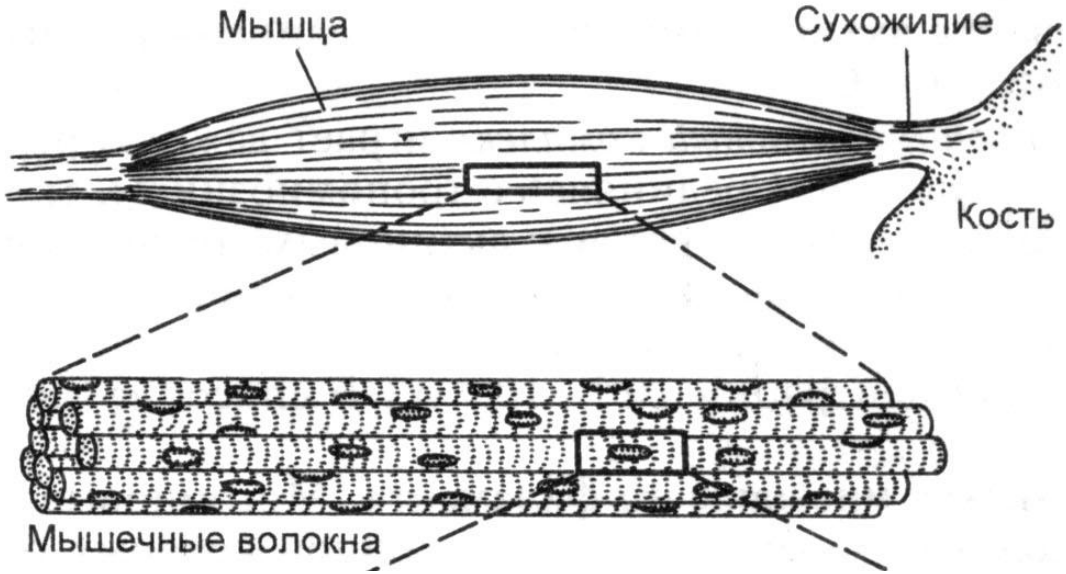


# СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ



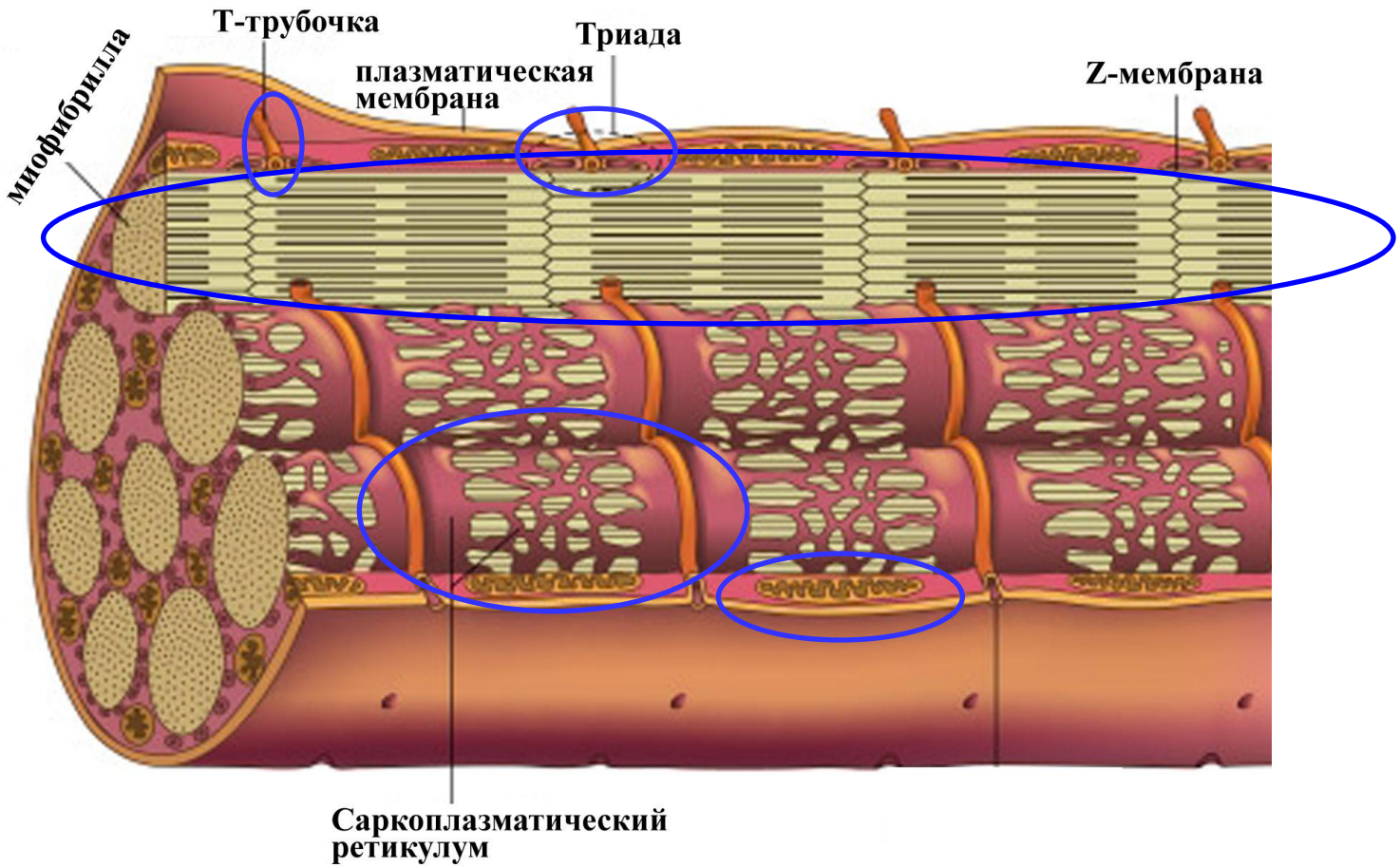


**Мышца состоит из *мышечных волокон*.**

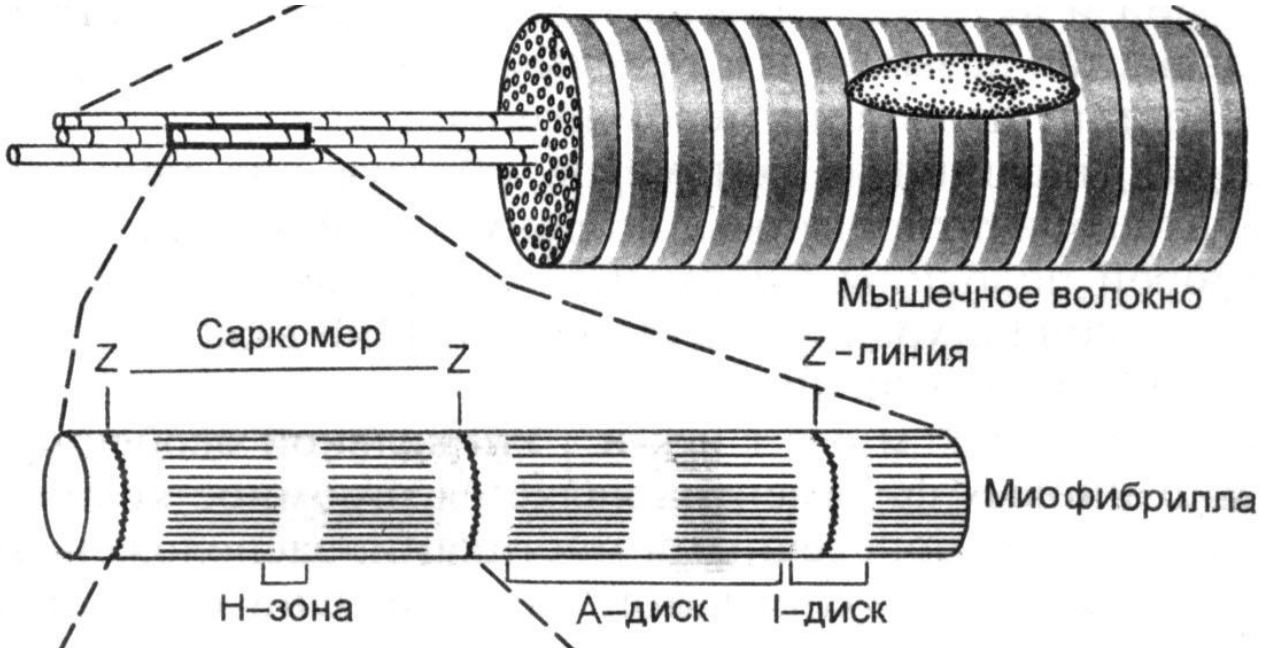


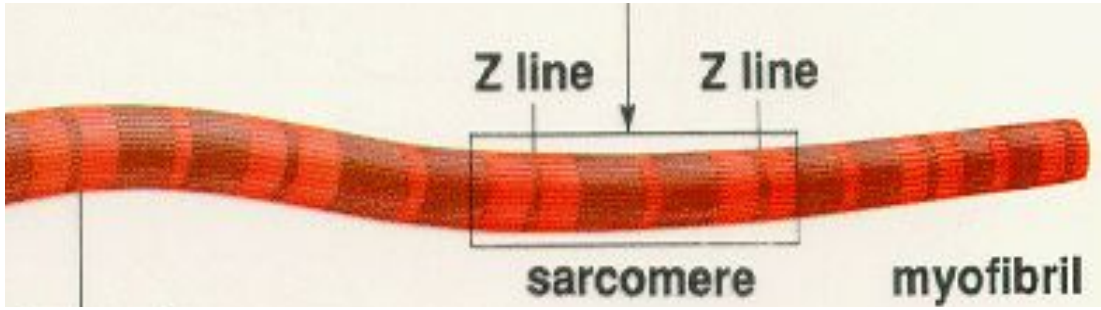
# СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

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

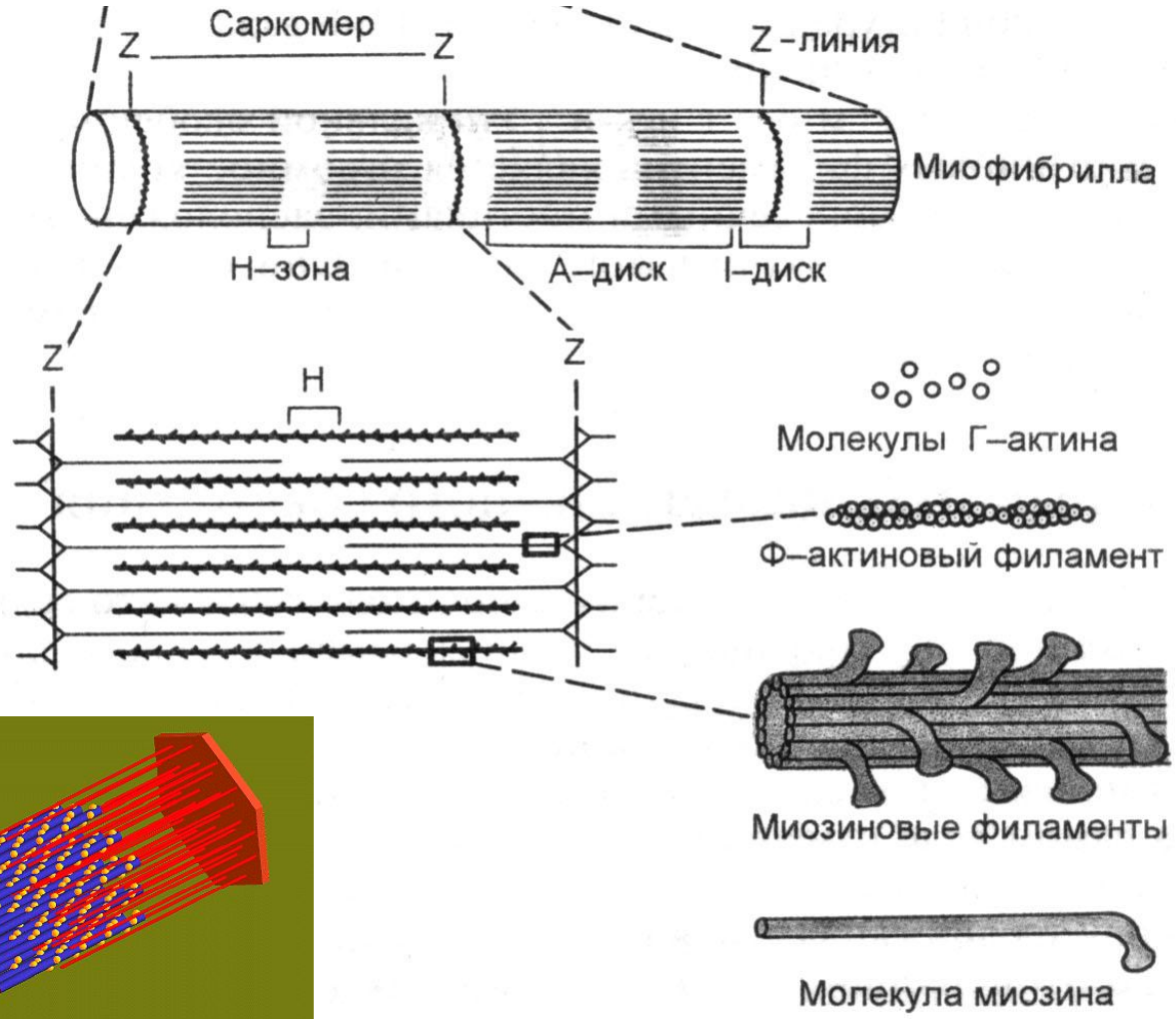


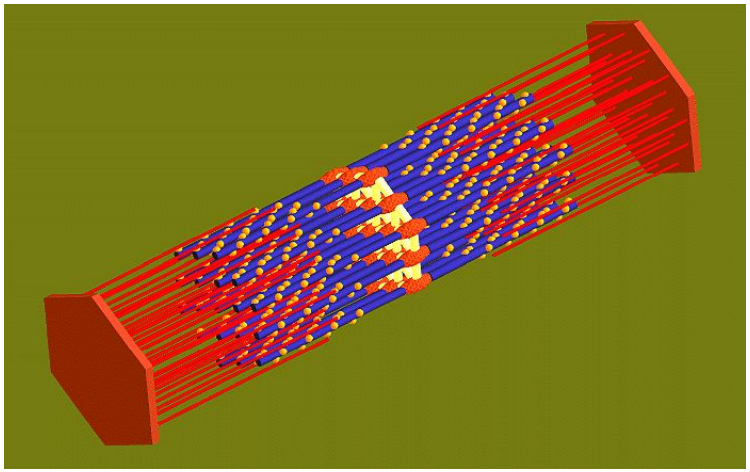
**Миофибриллы содержат *саркомеры* – структурно-функциональные единицы мышцы.**



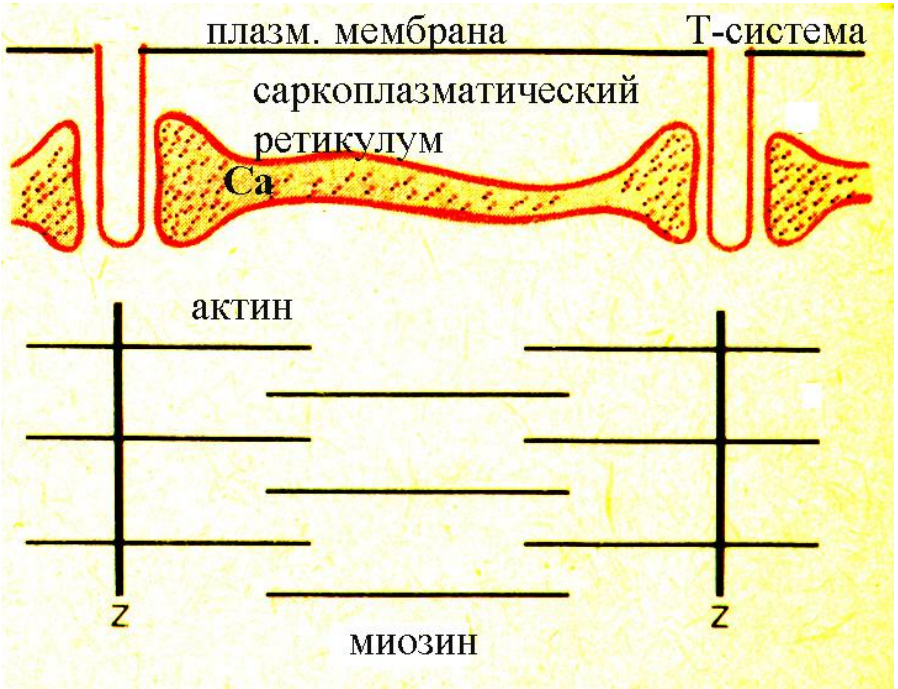



# СТРОЕНИЕ САРКОМЕРА МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА



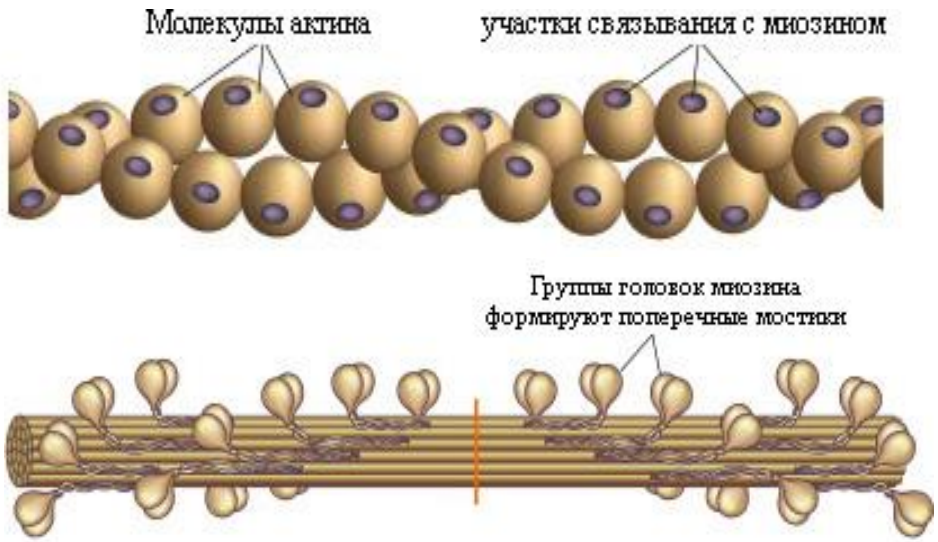



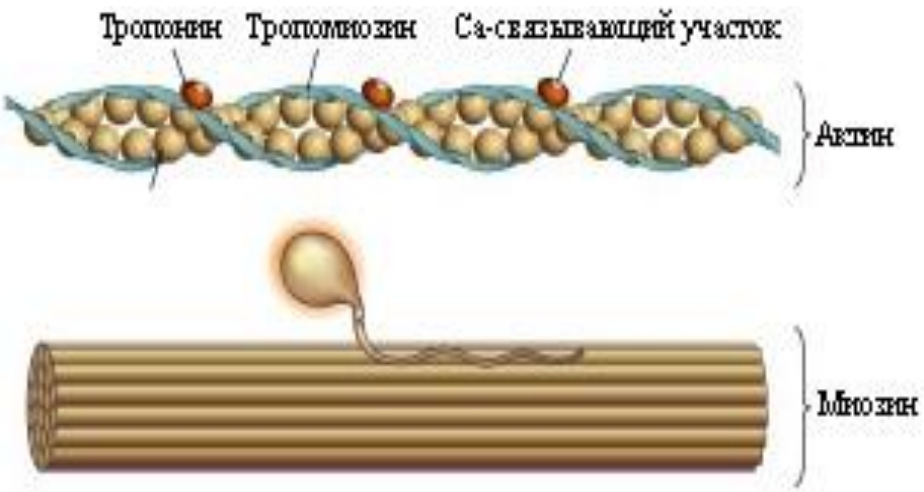
# СХЕМА СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ЕДИНИЦЫ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА




- **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

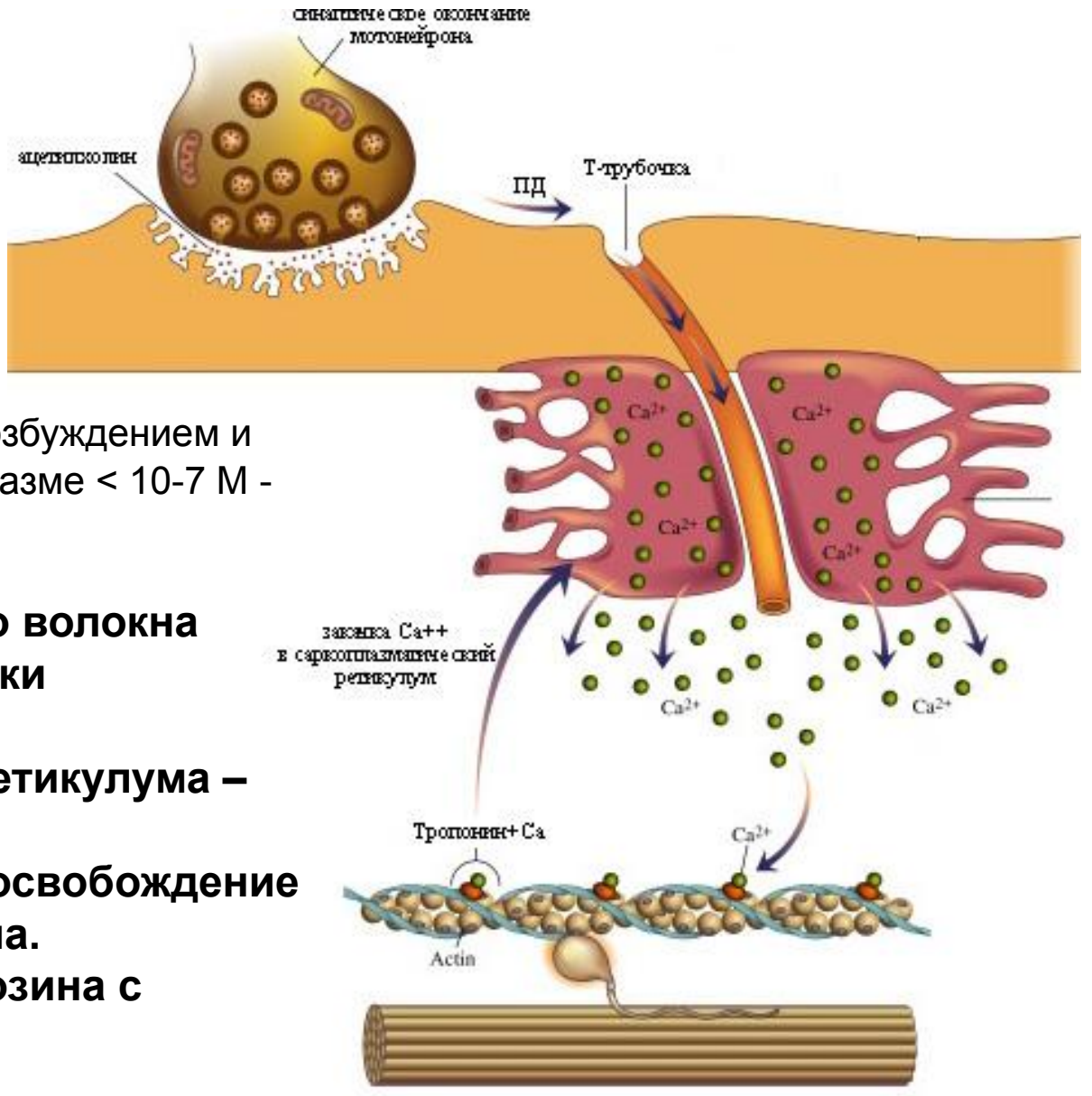



**Миозиновые нити имеют выступы – *поперечные мостики*. На их концах расположены утолщения - «головки» миозина.**
**На актиновых нитях расположены *активные центры*, способные связываться с головками миозина.**

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

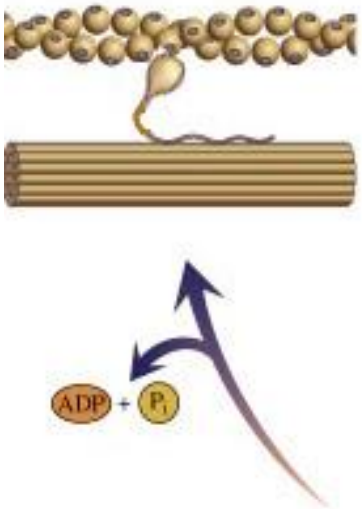
# Механизм скольжения нитей актина и миозина. Электромеханическое сопряжение.

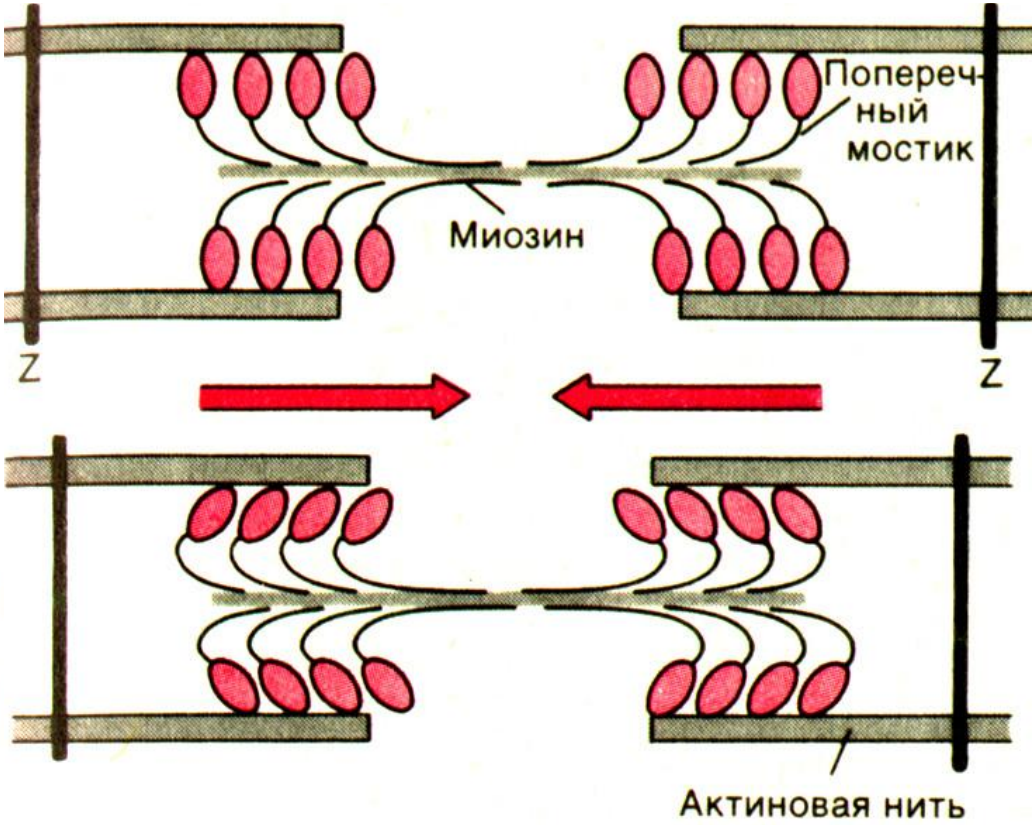



**Ион Ca++** – **посредник** между возбуждением и сокращением. Ca++ в цитоплазме < 10-7 М - мышца расслаблена.

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

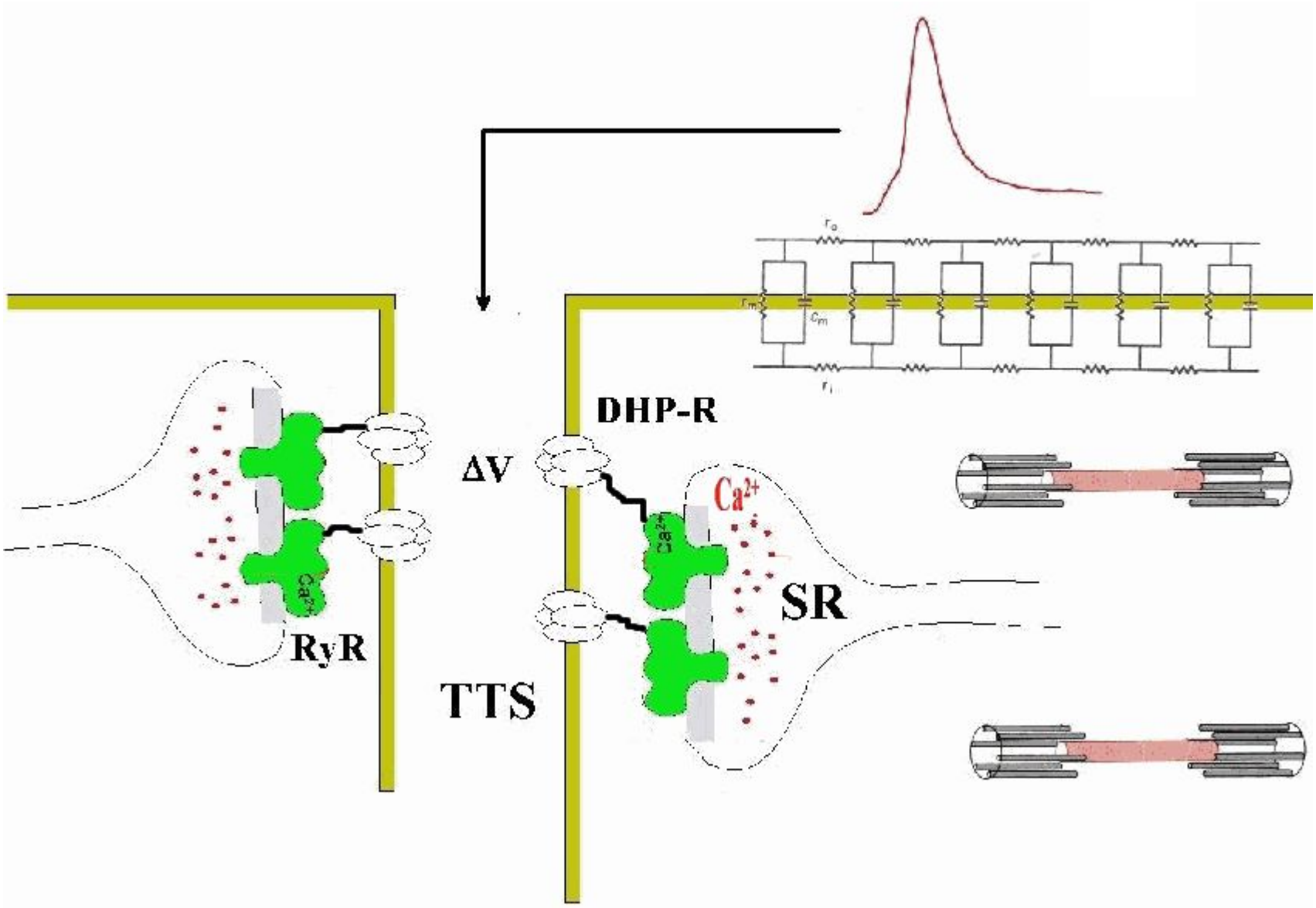
# Механизм скольжения нитей: укорочение саркомера



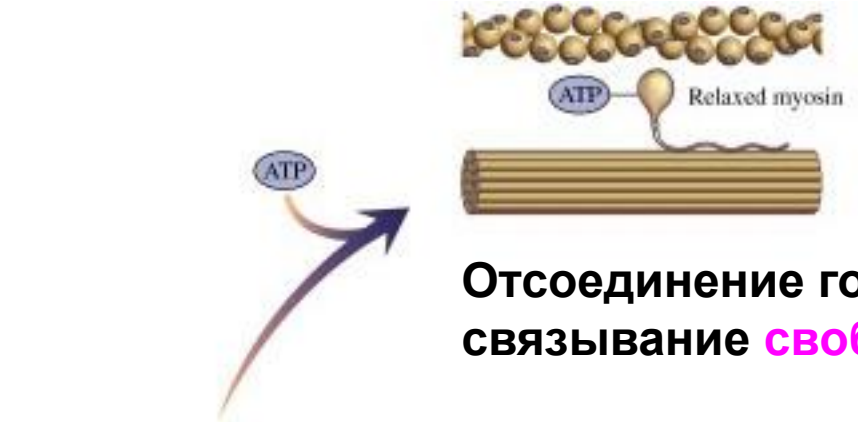



**6. Гидролиз АТФ головки миозина, отсоединение АДФ и Ф – высвобождение энергии – смещение головок миозина по направлению к актину (от 90 град до 45 град) – скольжение актиновой нити на один шаг по направлению к центру саркомера, в результате саркомер <u>укорачивается</u>.**

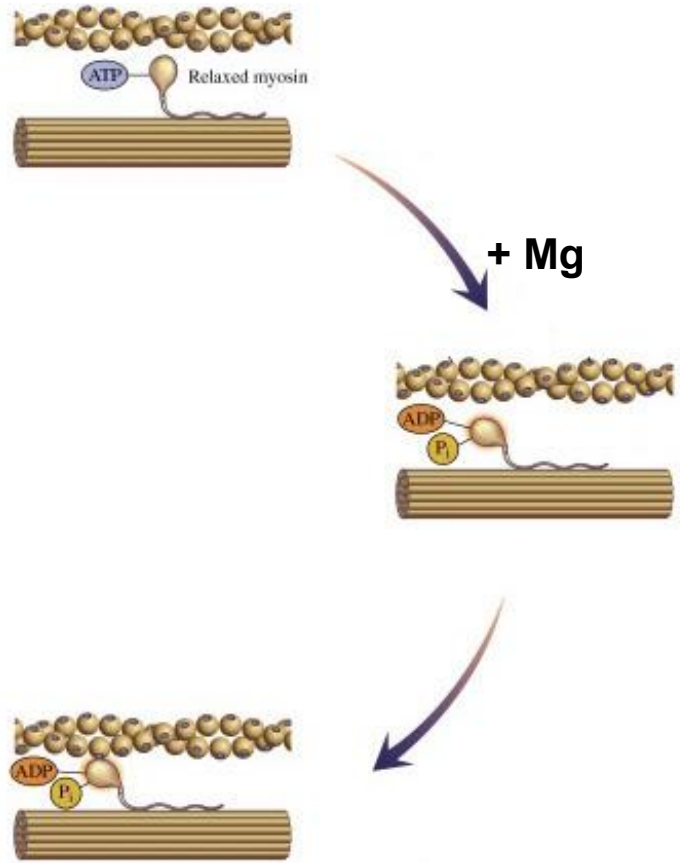
# Электромеханическое сопряжение



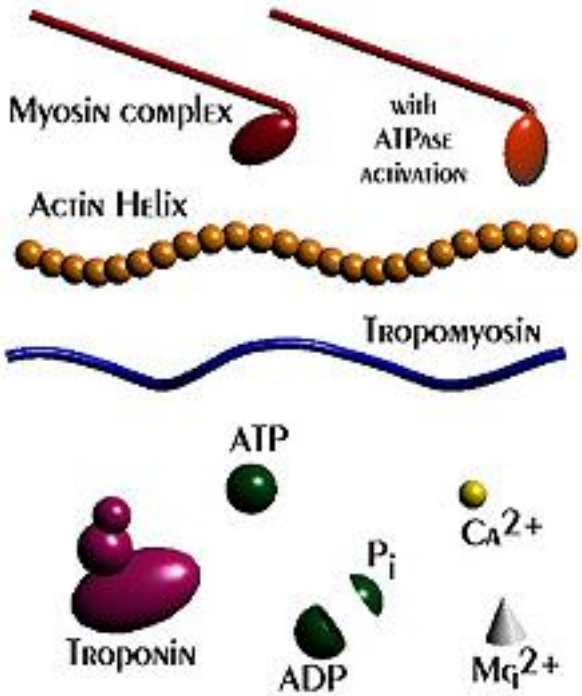
# Механизм скольжения: разобщение нитей

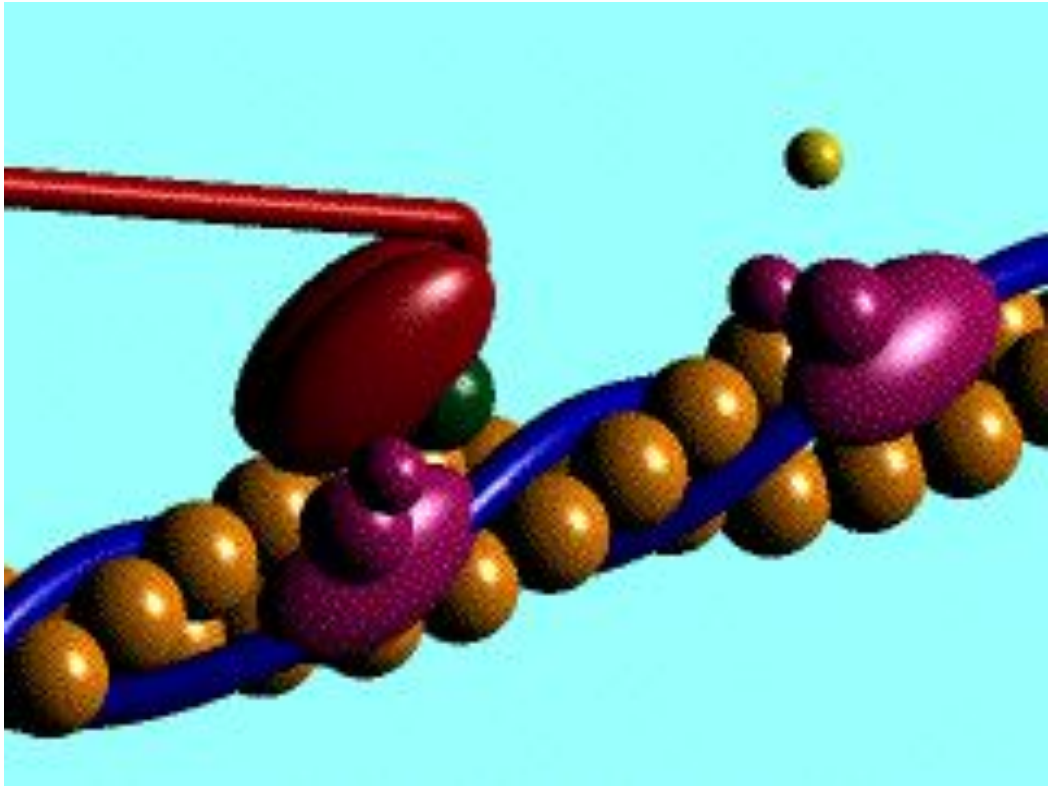


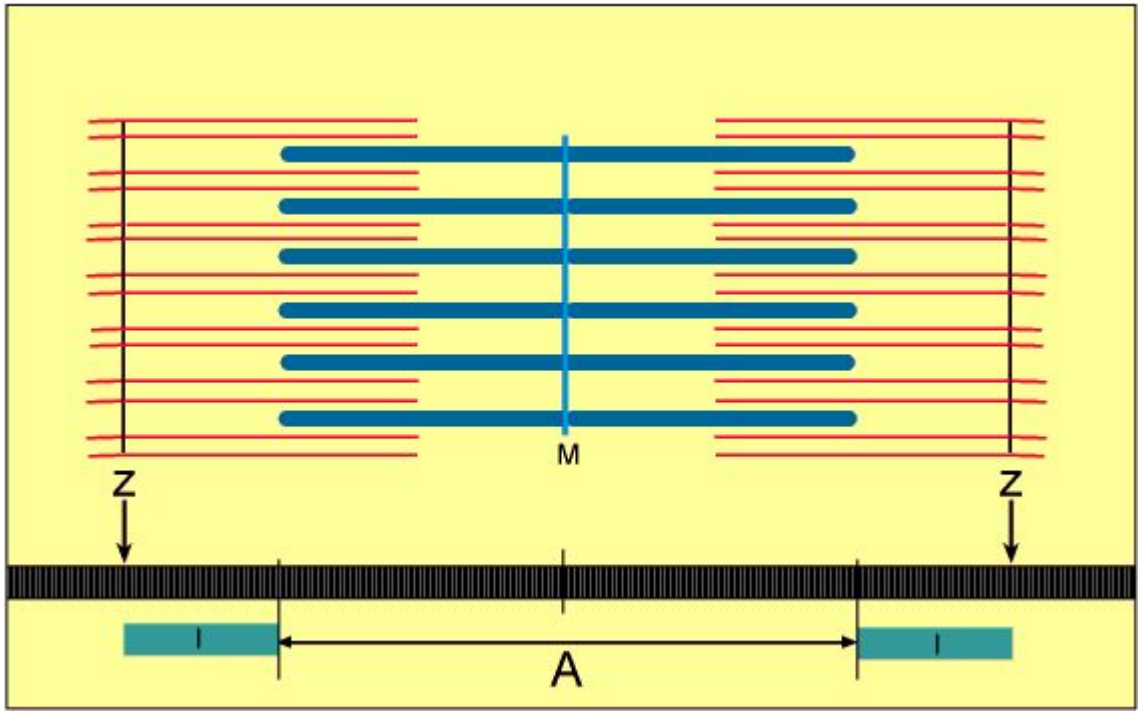

**Отсоединение головки миозина от актина: связывание свободной АТФ с головкой миозина.**




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


Myosin complex
with
ATPase
activation
Actin Helix
Tropomyosin
ATP
Ca2+
Pi
Troponin
ADP
Mg2+

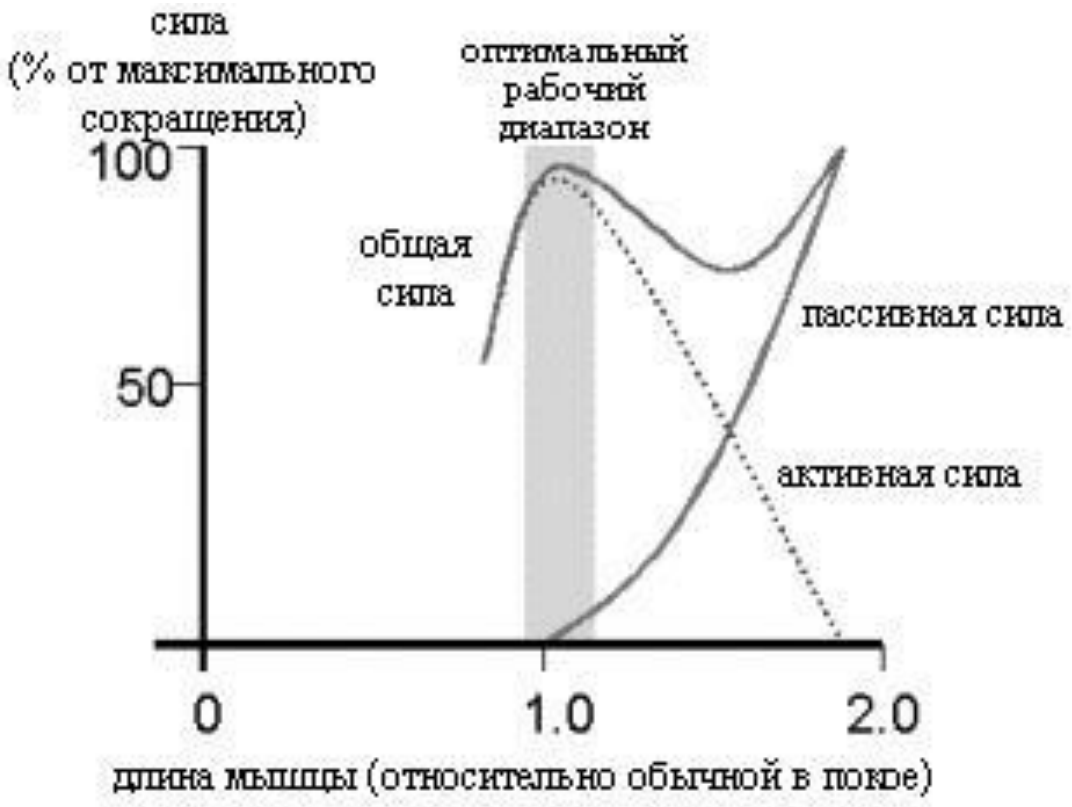





***Расслабление мышцы*** происходит в результате **снижения** уровня Ca++ в цитоплазме.

Ca++ закачивается обратно в саркоплазматический ретикулум с помощью **Ca-насоса** мембраны ретикулума.

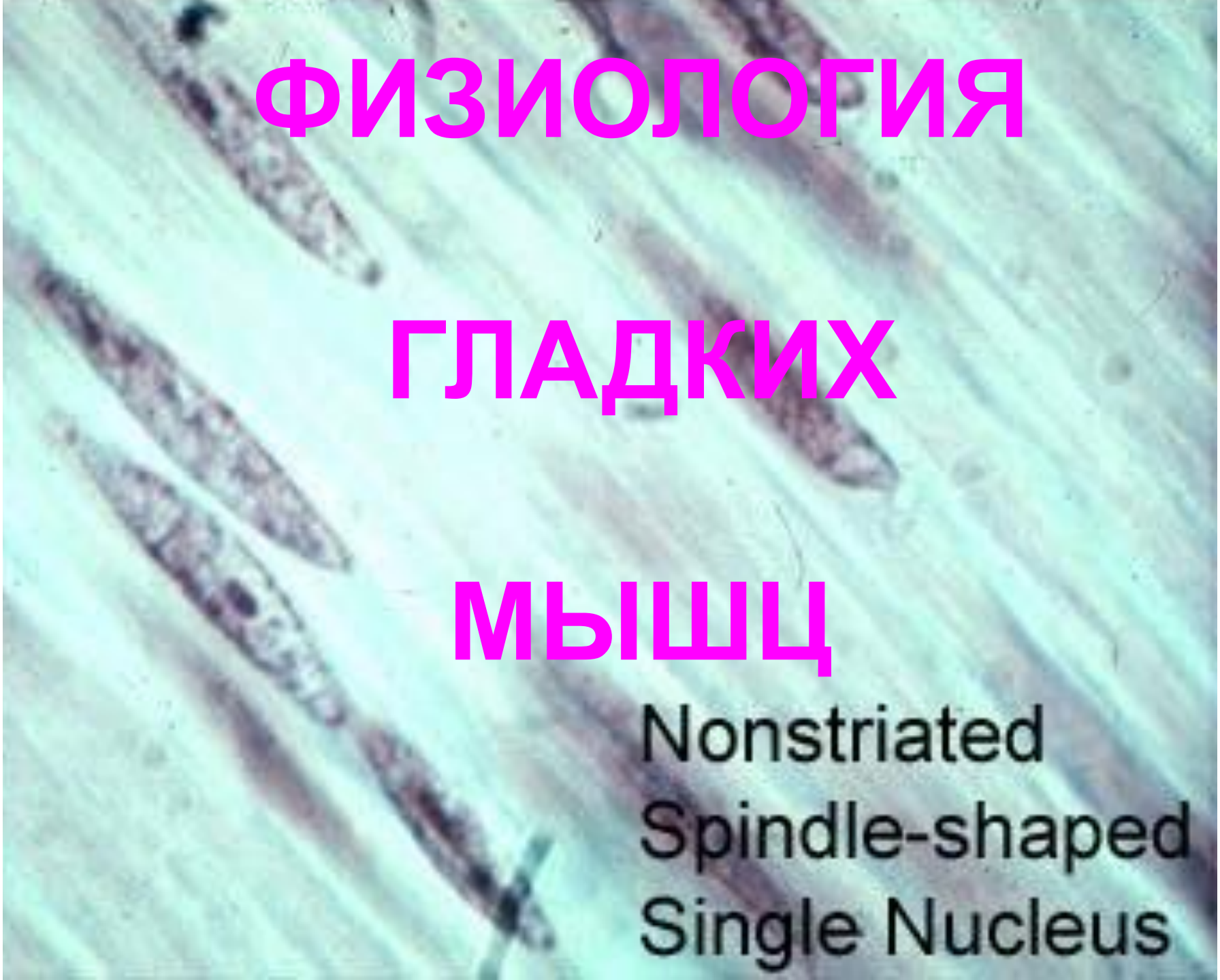
# ЗАВИСИМОСТЬ СИЛЫ СОКРАЩЕНИЯ ОТ ИСХОДНОЙ ДЛИНЫ МЫШЦЫ



# ФИЗИОЛОГИЯ

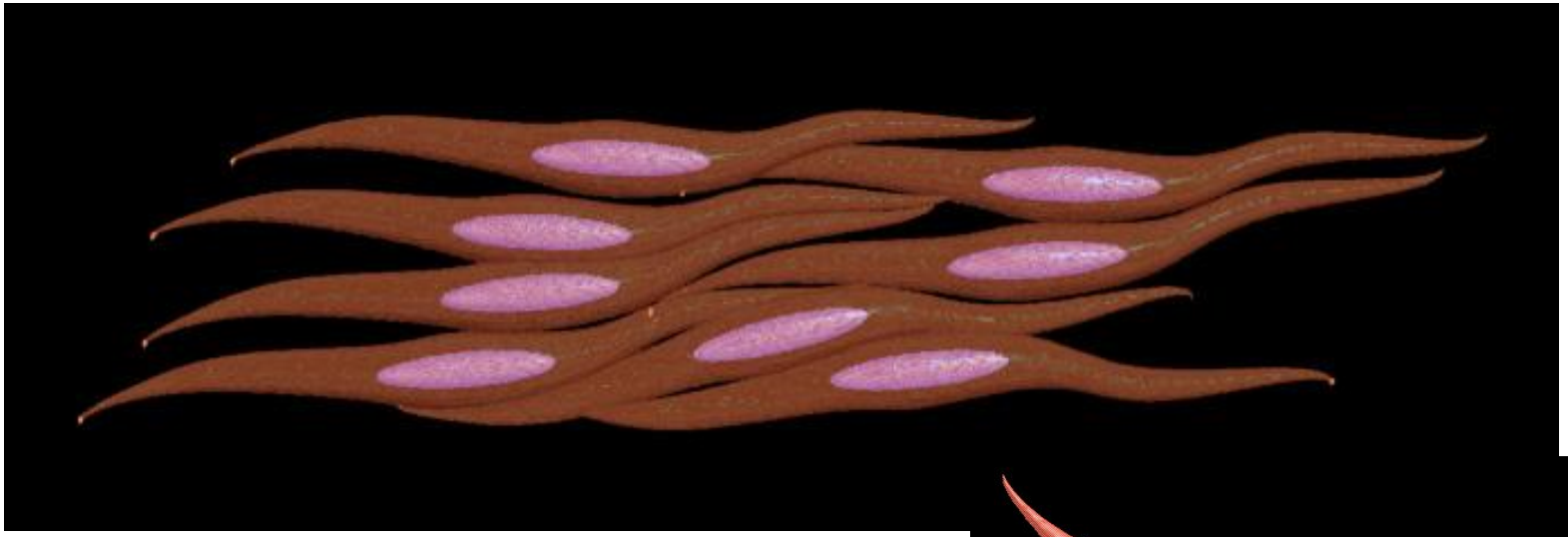
# ГЛАДКИХ

# МЫШЦ



Гладкие мышцы располагаются в стенках внутренних полых органов:

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

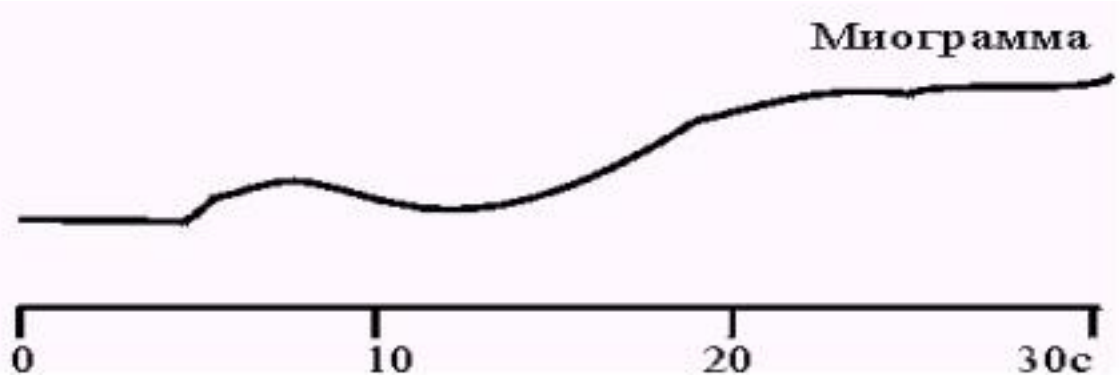


# Сократительные особенности гладких мышц

1) Миофибриллы с саркомерами располагаются *нерегулярно*.
2) Другой механизм сокращения (участвует внешний Са++).
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.

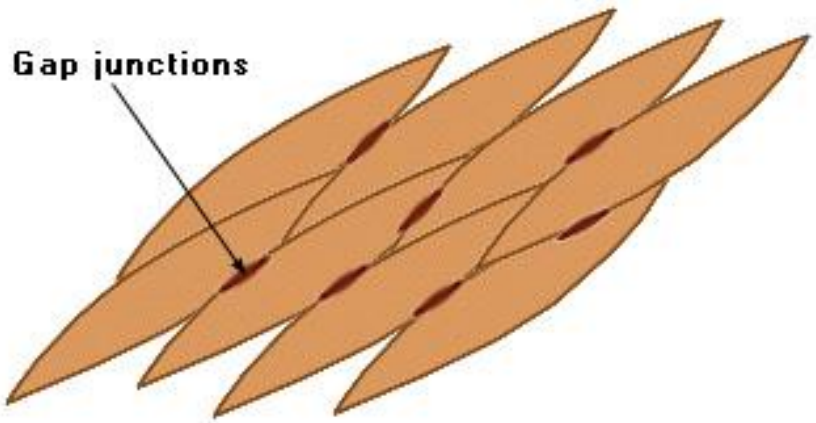
в состоянии расслабления

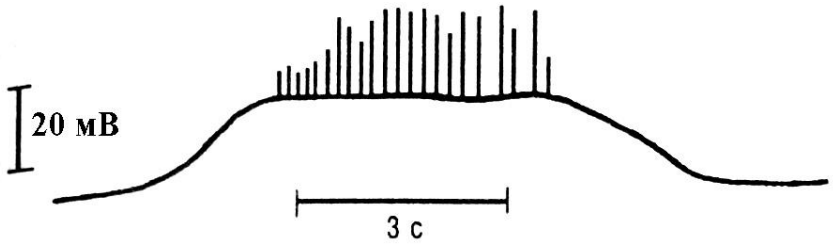
в состоянии сокращения



# 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 Са+ |
| 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**