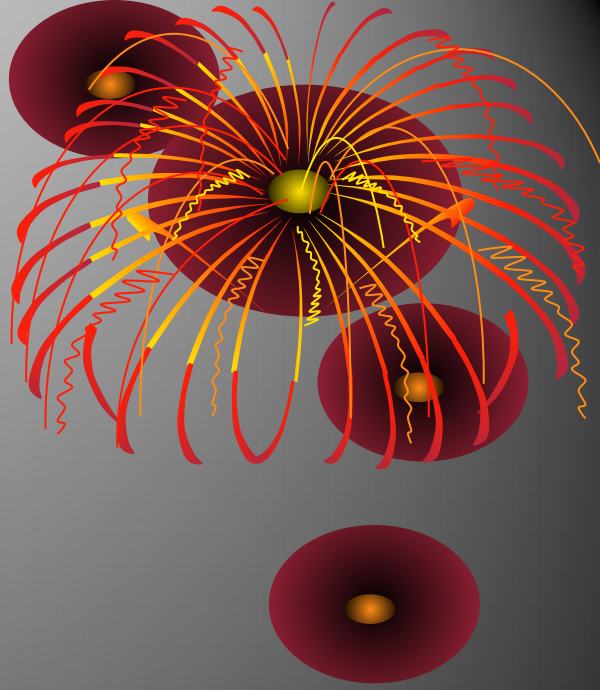
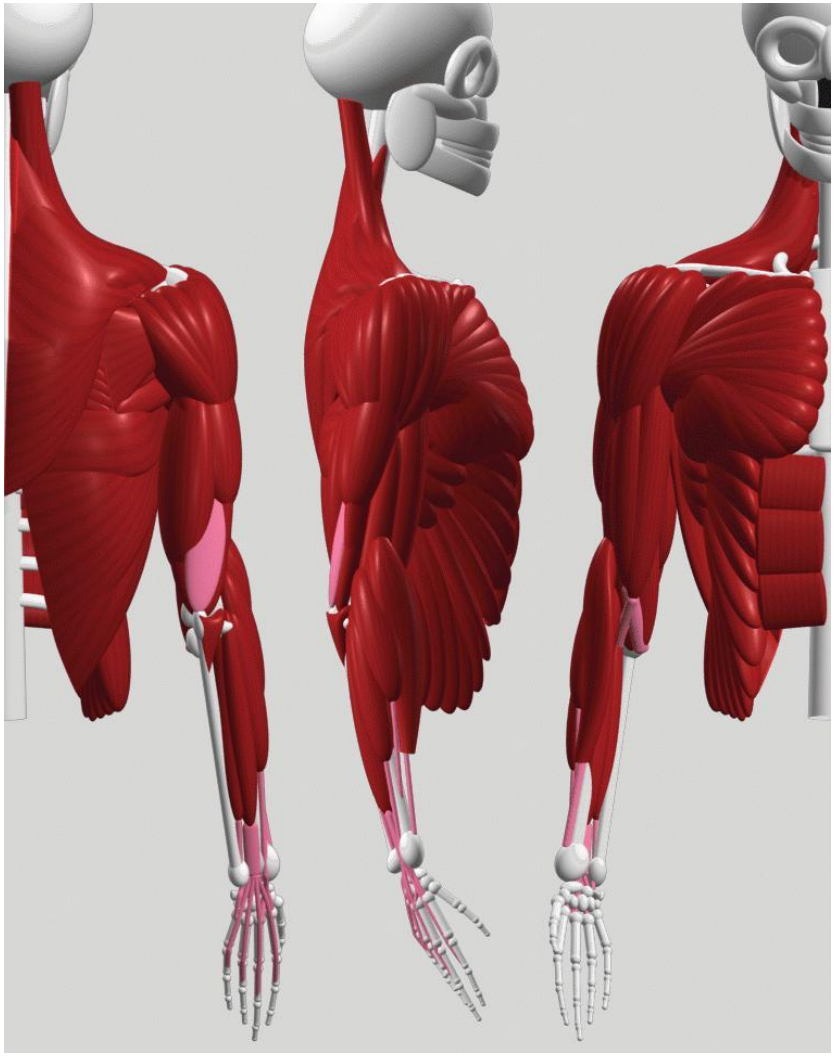
Занятие №2



ФИЗИОЛОГИЯ

МЫШЦ

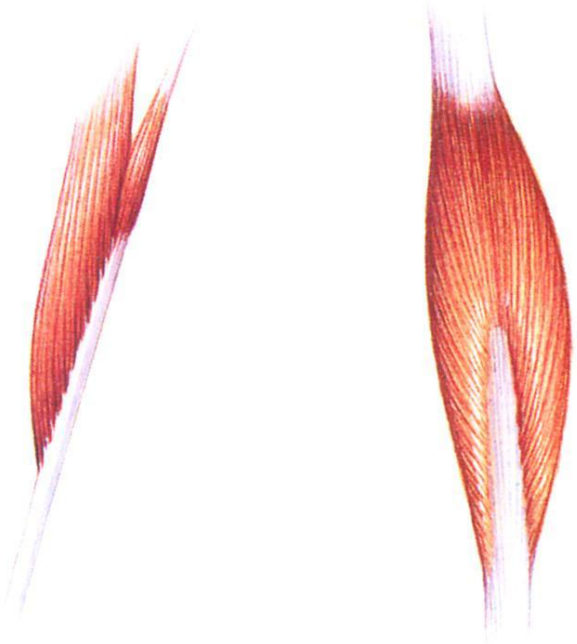
ФИЗИОЛОГИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ



ТИПЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Параллельно-волокнистый

Веретено-образный



Перистые

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.**

СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Физические:

- **Эластичность – способность восстанавливать исходное положение после действия деформирующей силы**
- **Растяжимость - способность изменять длину без нарушения структуры**
- **Упругость – способность восстанавливать исходную длину после деформации**
- **Способность развивать силу и совершать работу**

Физиологические:

Возбудимость

Проводимость

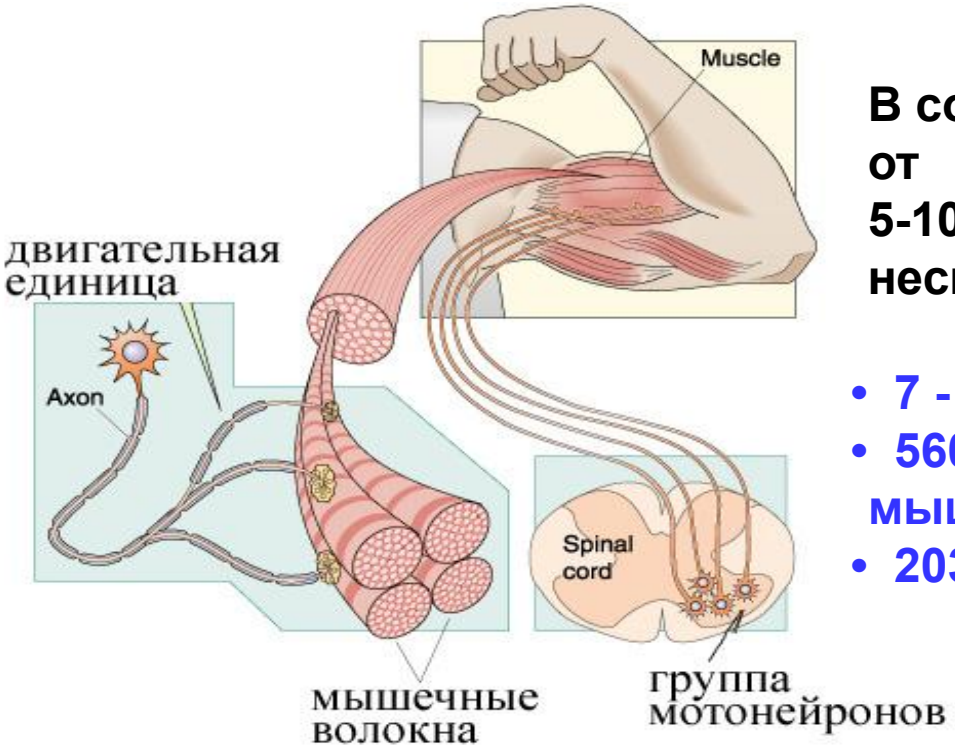
Лабильность

Сократимость

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

Мышечные волокна скелетных мышц иннервируются *мотонейронами*.

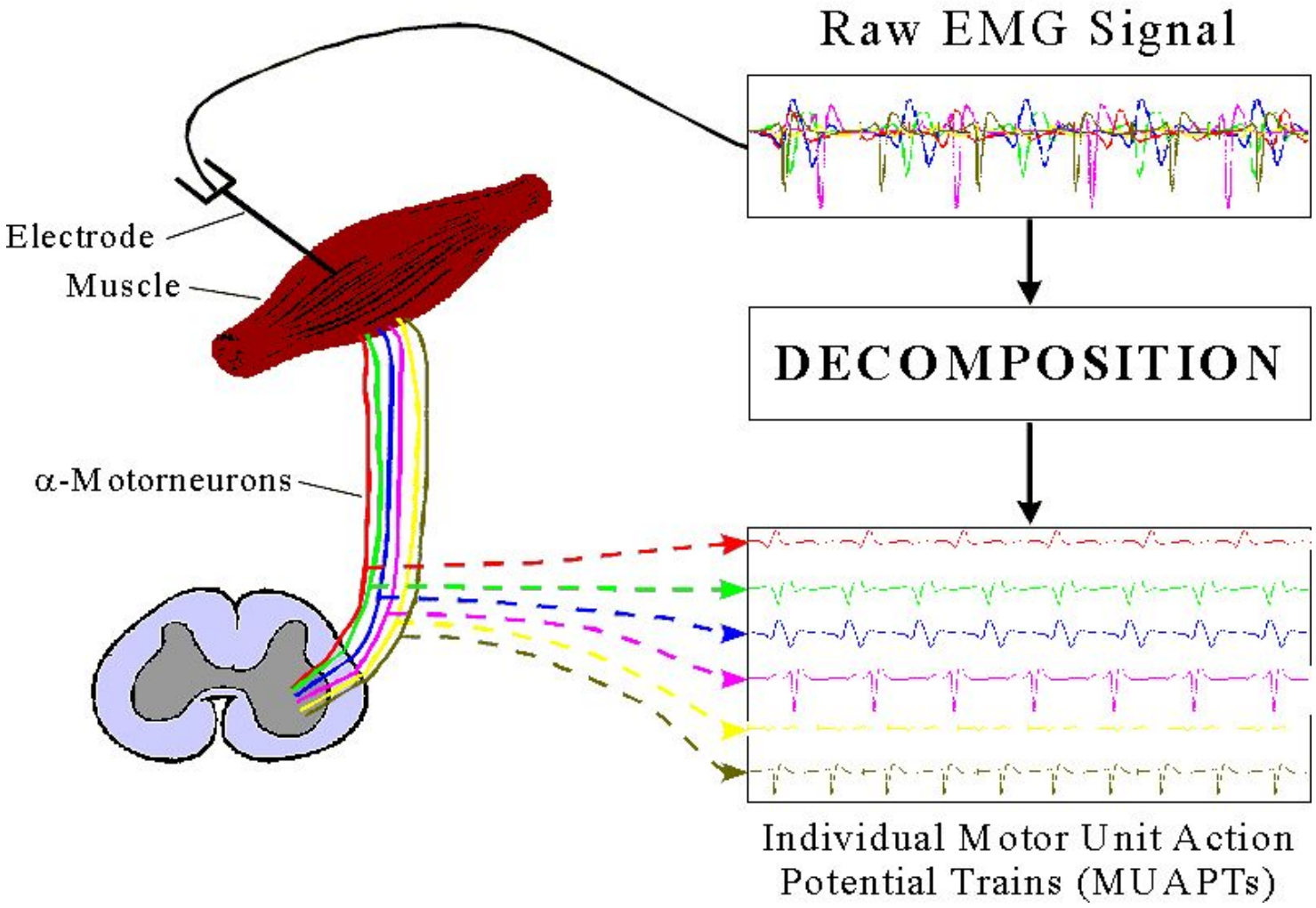
***Двигательная единица (ДЕ)* – мотонейрон в совокупности с иннервируемыми им мышечными волокнами.**



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.**

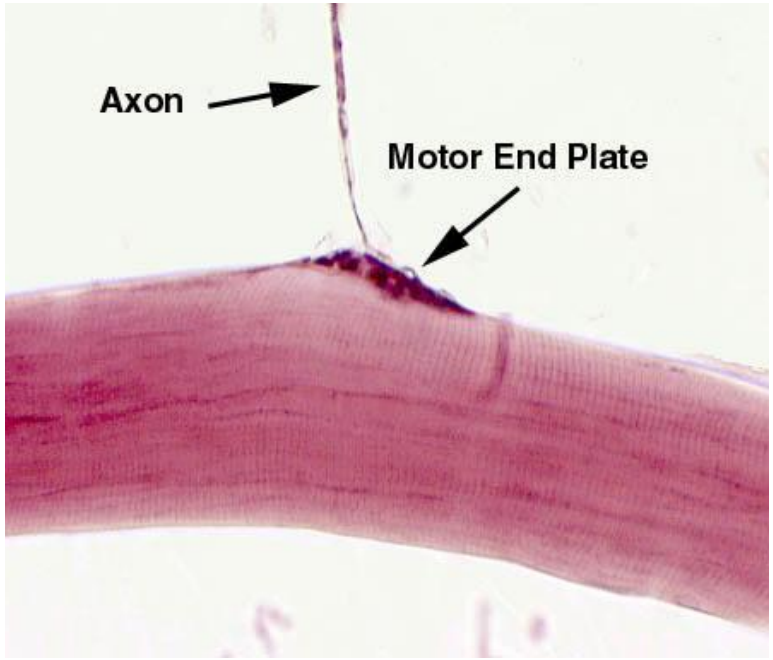
Электромиограмма: отражает возбуждение множества двигательных единиц.

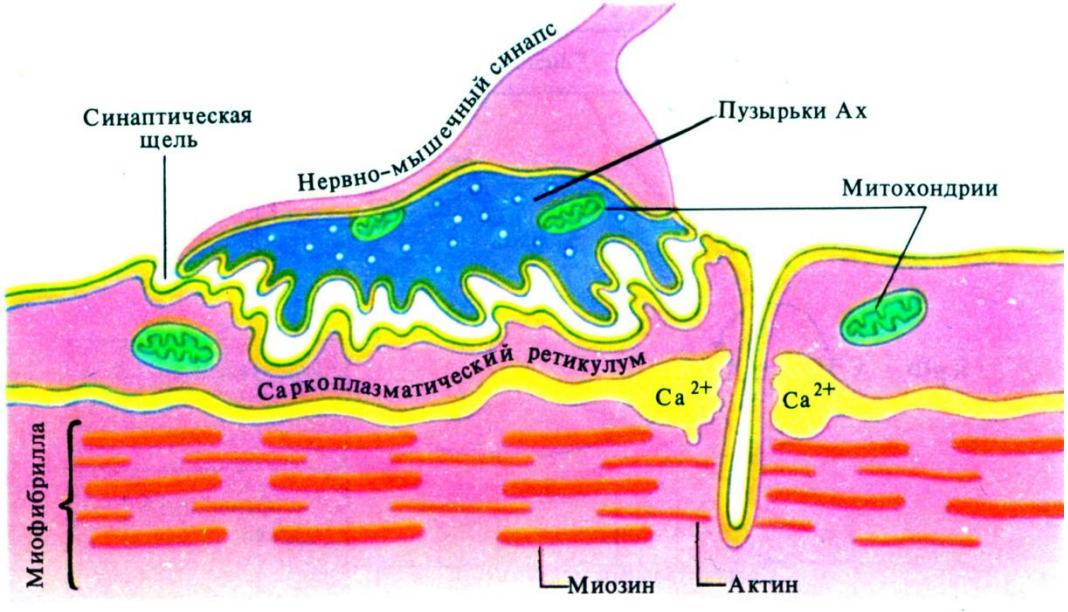


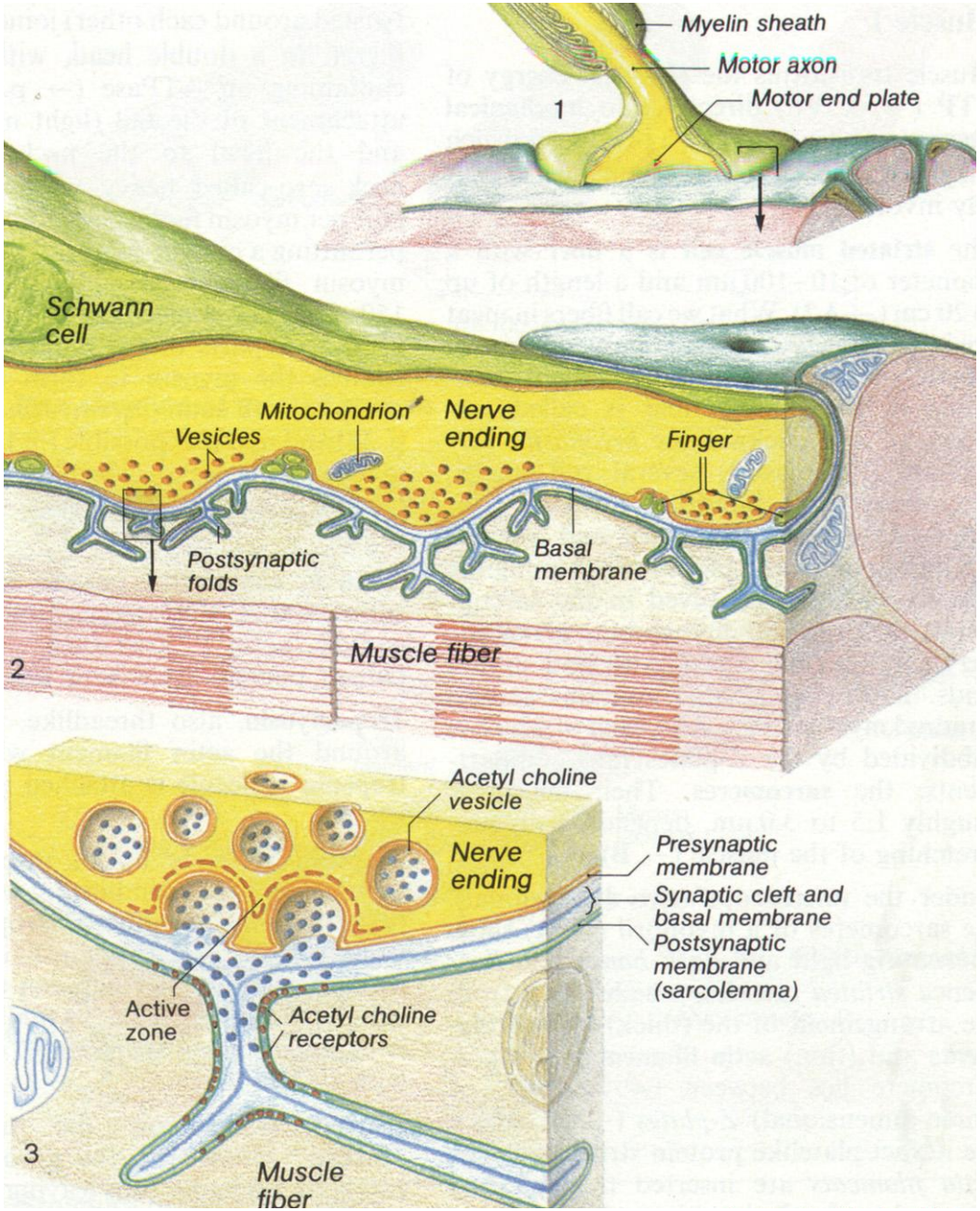
Нервно-мышечный синапс скелетных мышц

Синапс между окончанием аксона мотонейрона спинного мозга и мышечным волокном скелетной мышцы называется

***концевой пластинкой*.**







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*.

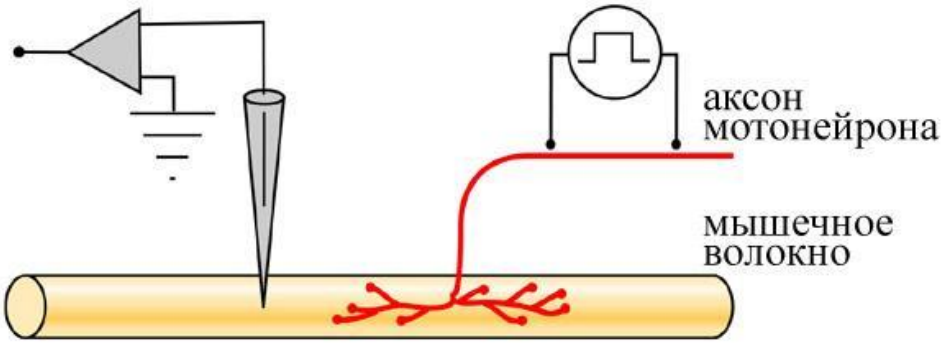
ПОТЕНЦИАЛ КОНЦЕВОЙ ПЛАСТИНКИ

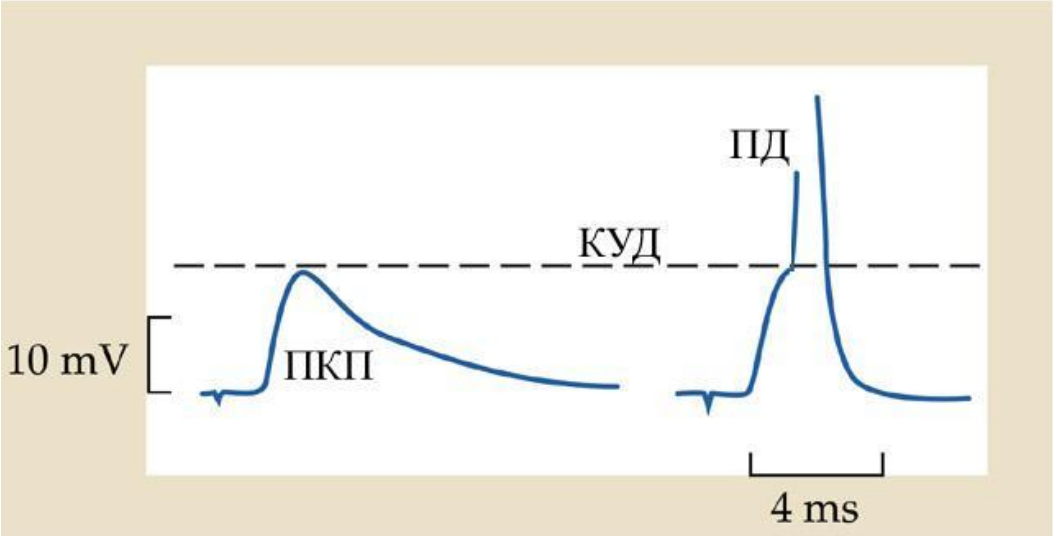
В нервно-мышечном синапсе на постсинаптической мембране возникает *потенциал концевой пластинки (ПКП)*:

- **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**





ВИДЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Одиночное сокращение

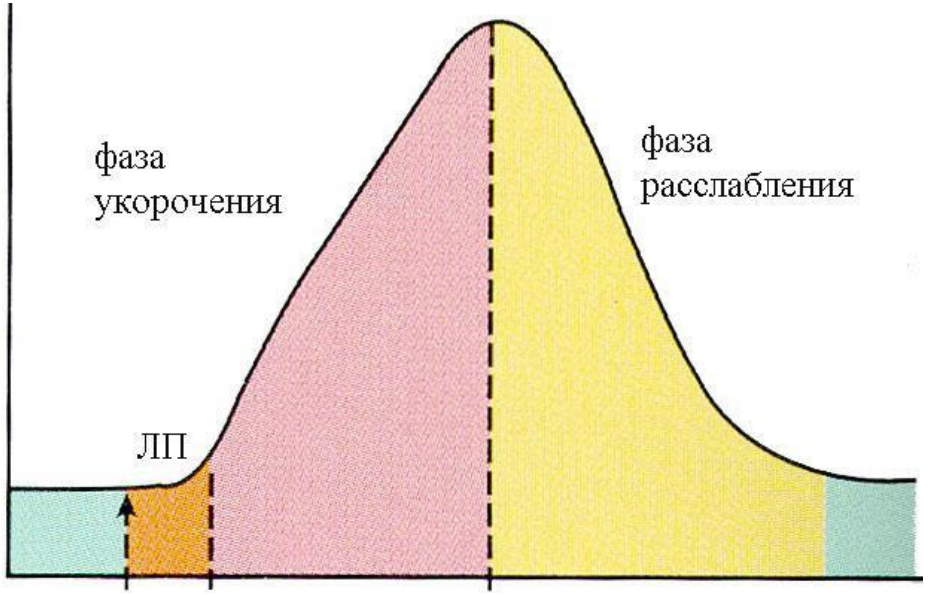
Одиночное сокращение **мышцы возникает при ее <u>однократном раздражении.</u>**

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).



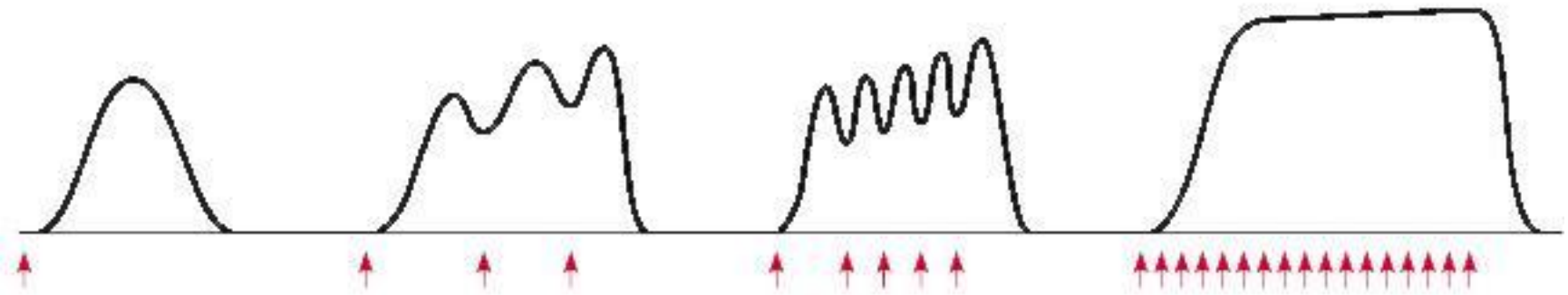
Тетаническое сокращение

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

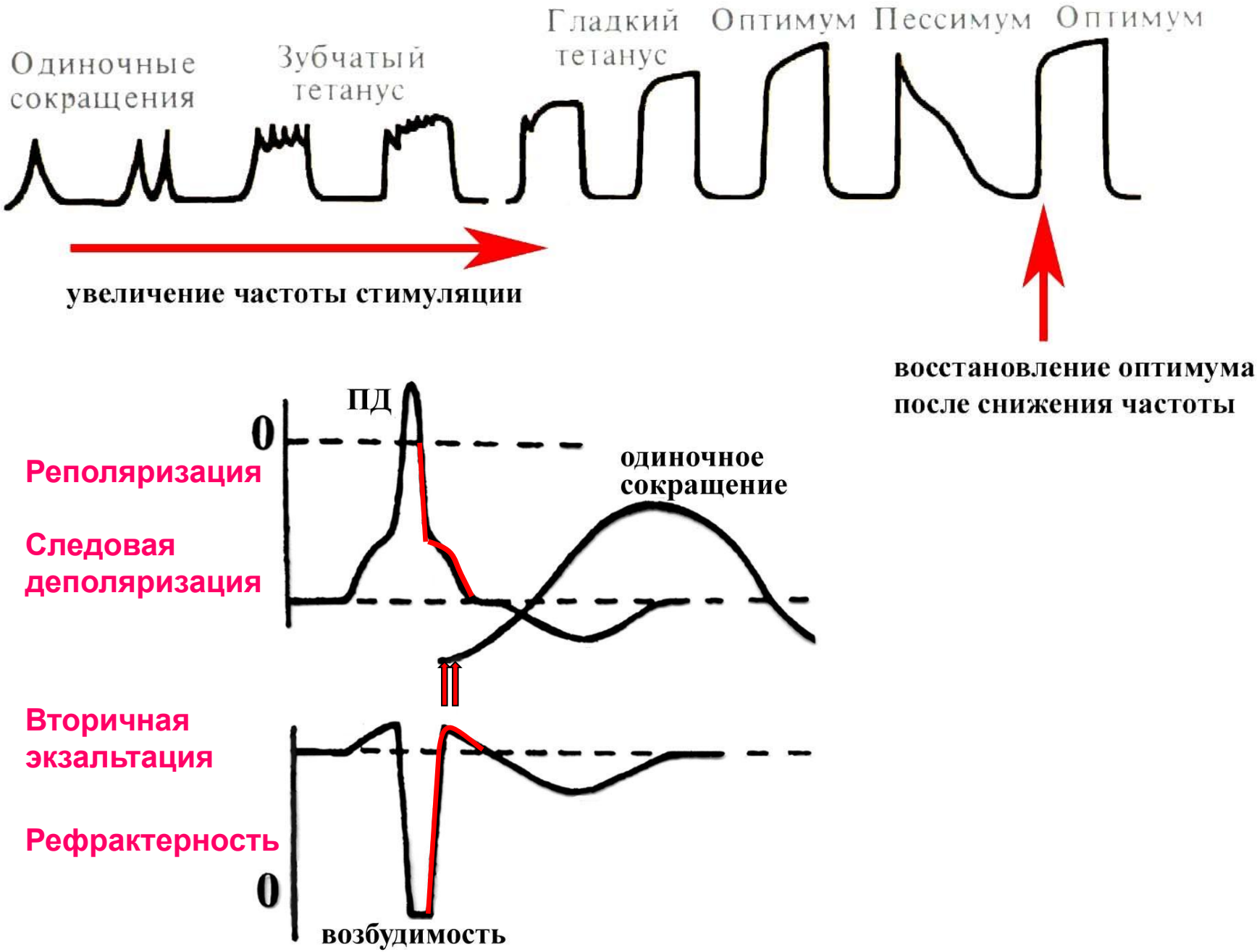
Виды тетануса:

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

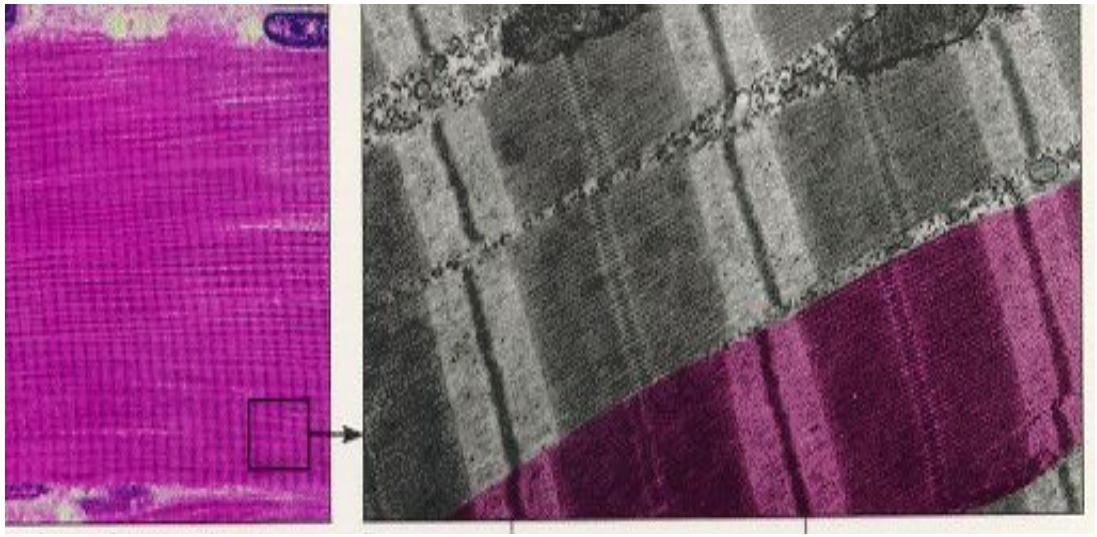
2. **Гладкий тетанус: наступает, когда каждый последующий раздражитель попадает в фазу сокращения мышцы.**

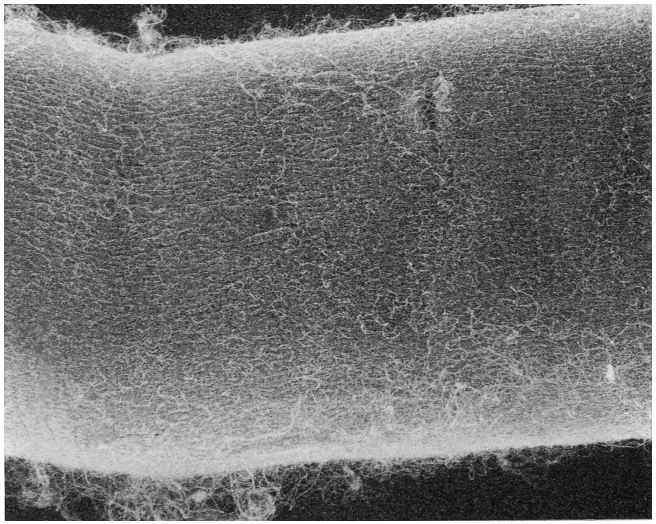


Одиночное сокращение | **Зубчатые тетанусы** | **Гладкий тетанус**

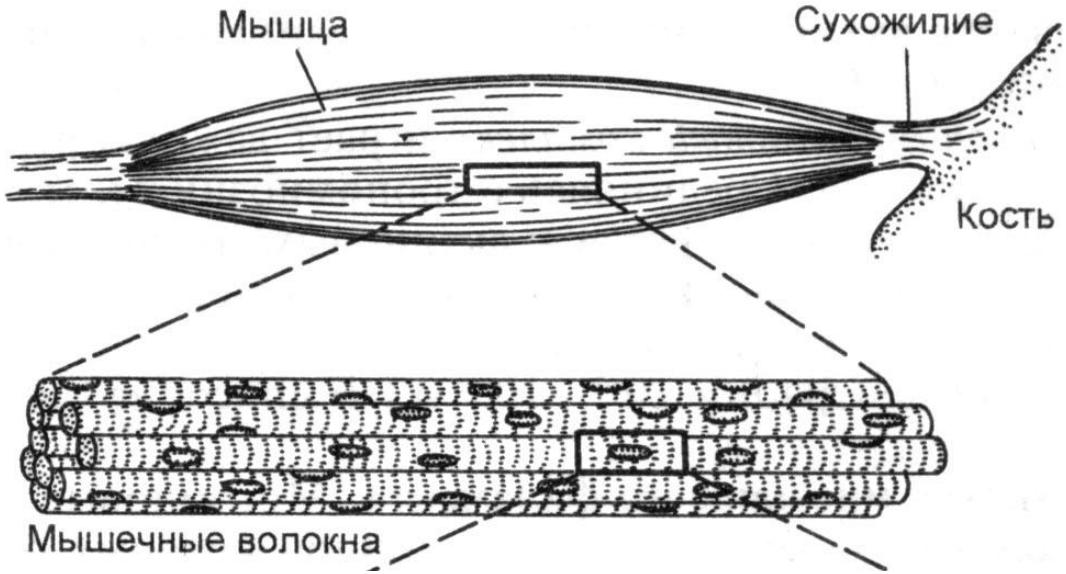

Одиночные сокращения
Зубчатый тетанус
Гладкий тетанус
Оптимум
Пессимум
Оптимум
увеличение частоты стимуляции
восстановление оптимума после снижения частоты
ПД
0
одиночное сокращение
Реполяризация
Следовая деполяризация
Вторичная экзальтация
Рефрактерность
0
возбудимость

СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ



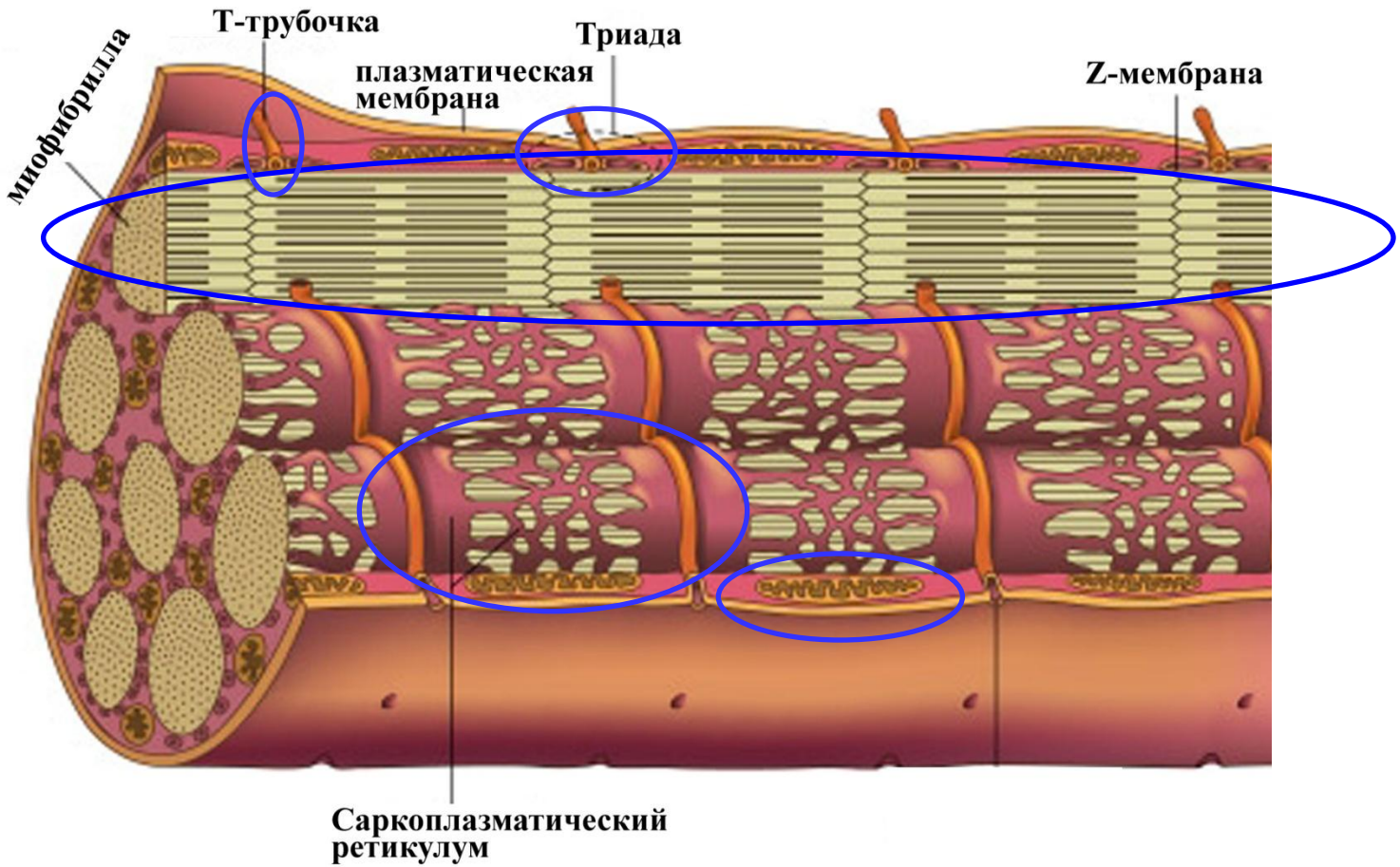


Мышца состоит из
мышечных волокон – миофибрилл

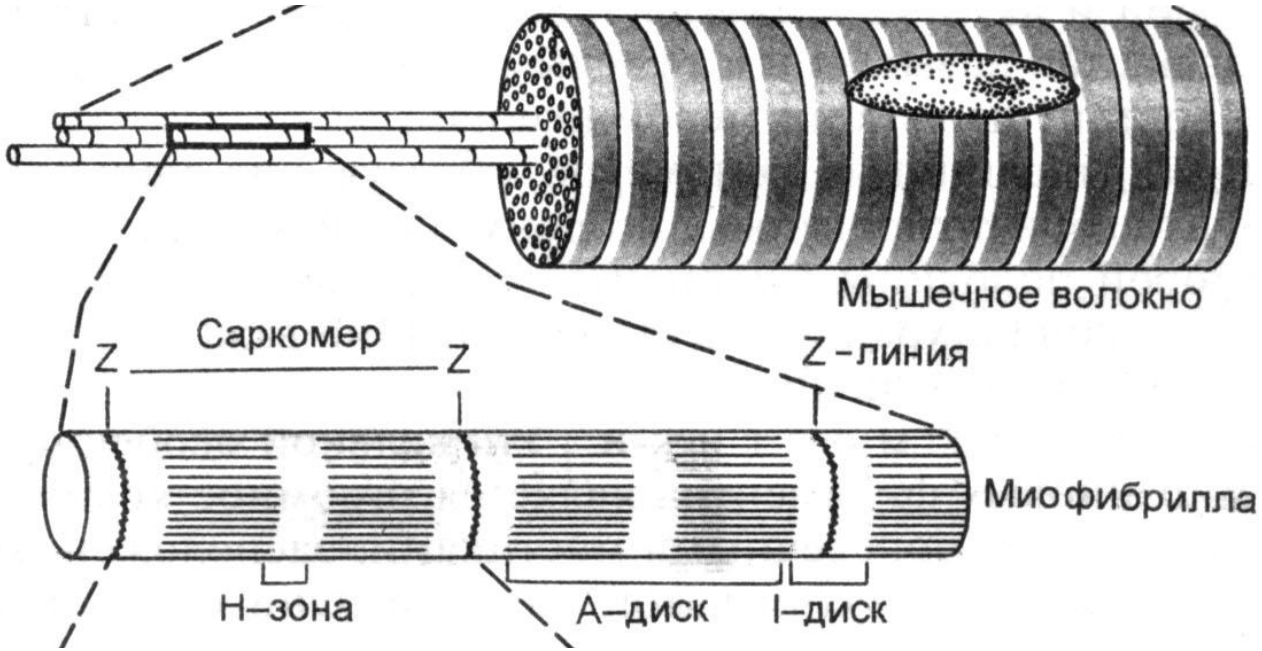


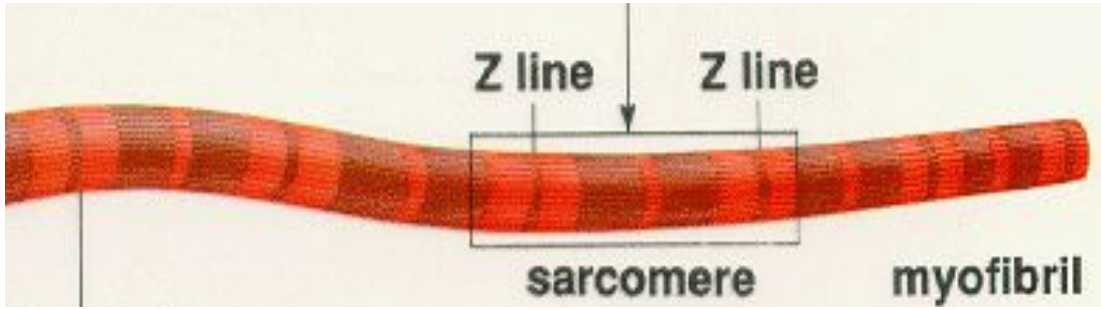
СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

- 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)*.

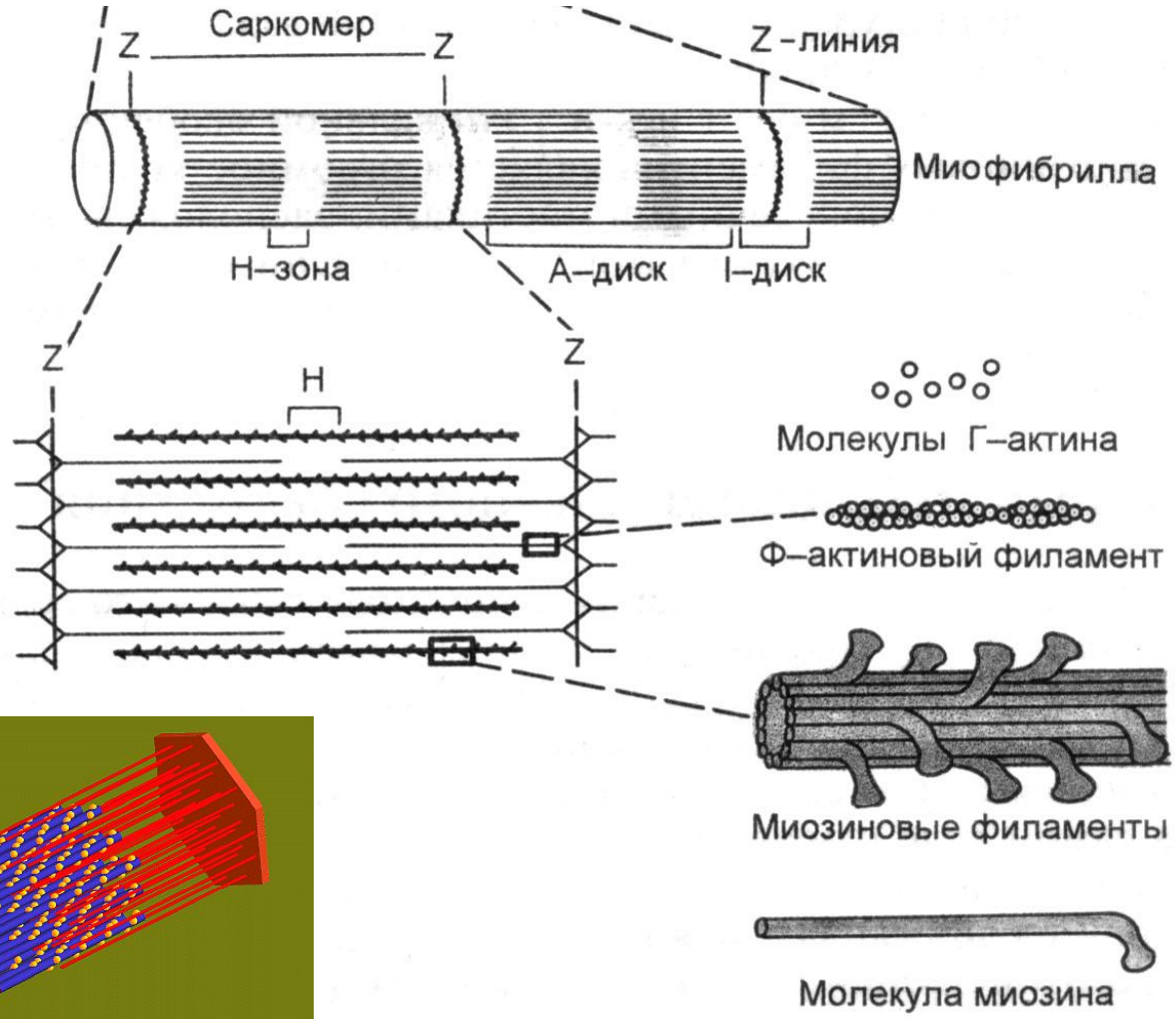


Миофибриллы содержат *саркомеры* – структурно-функциональные единицы мышцы.





СТРОЕНИЕ САРКОМЕРА МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА



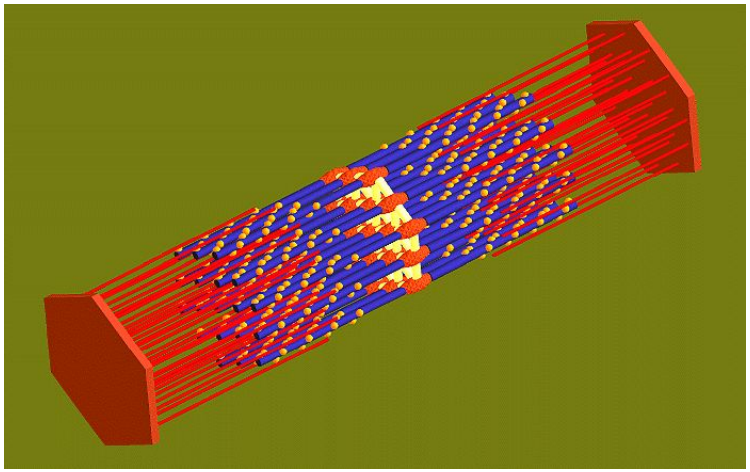
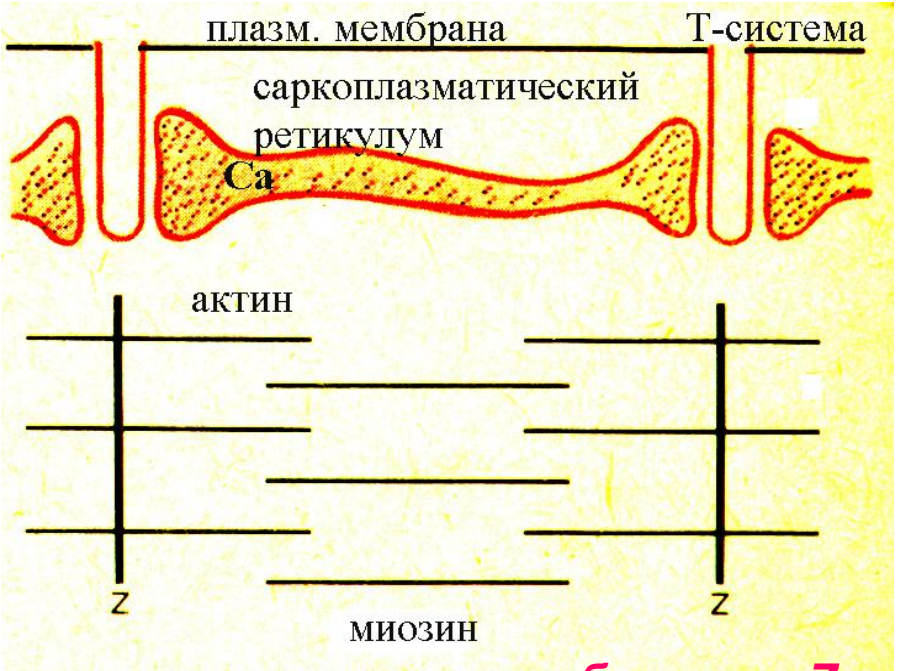


СХЕМА СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ЕДИНИЦЫ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА

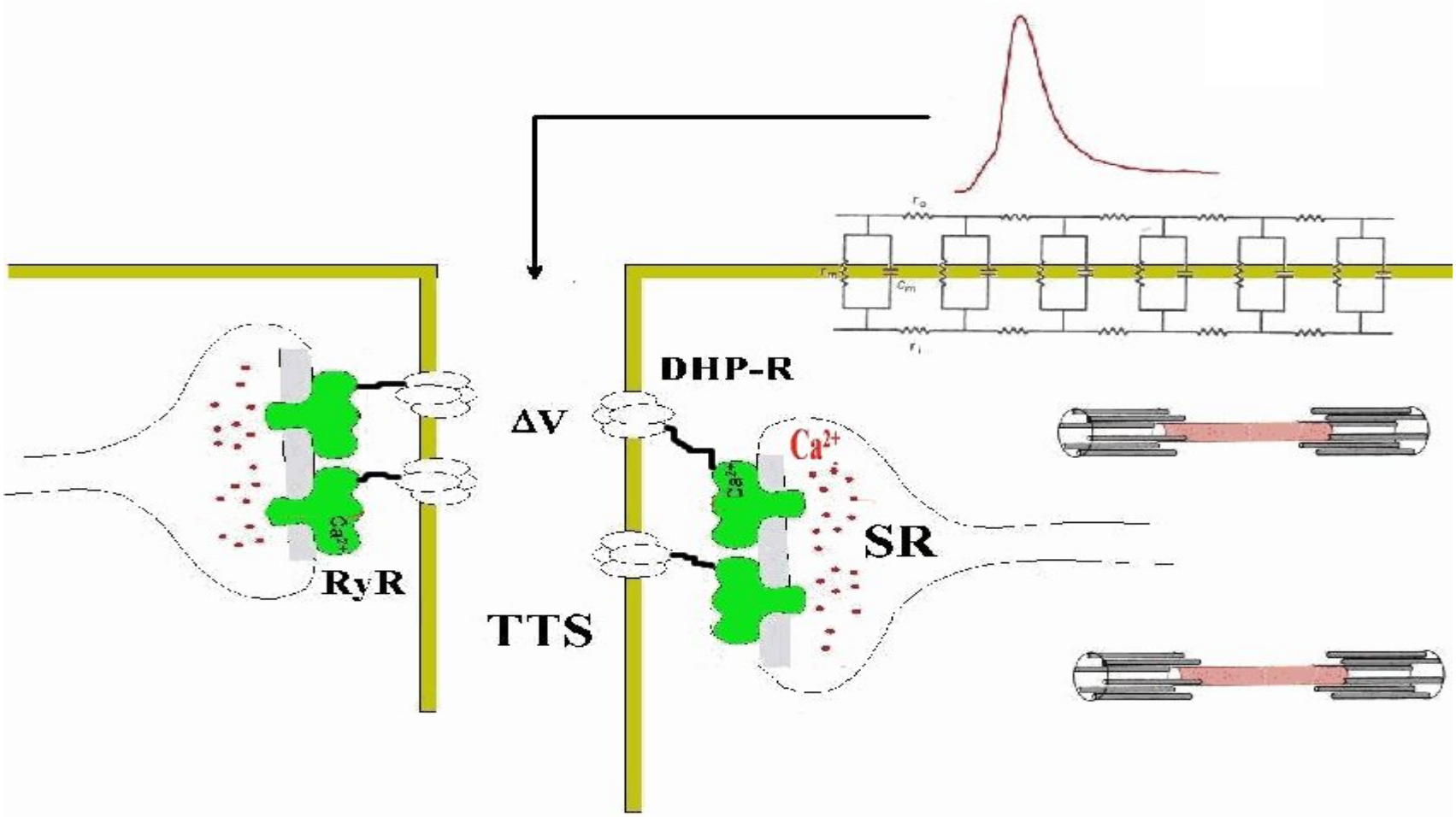


- **Саркомер состоит из сократительных белков и *Z-мембран*.**
- **Z-мембраны располагаются в области Т-трубочек.**
- **К Z-мембранам крепятся <u>тонкие нити белка *актина*.</u>**
- **Между нитями актина располагаются <u>толстые нити белка *миозина*</u>**

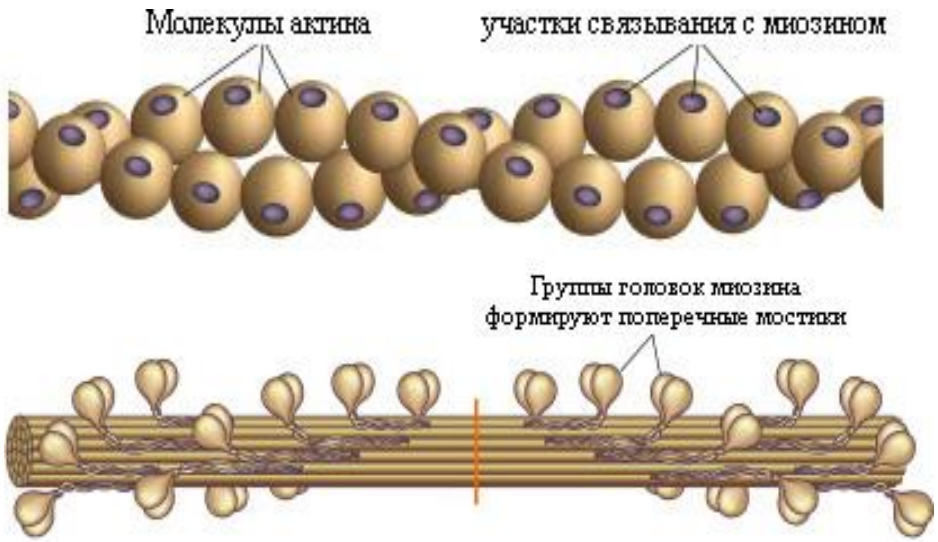
- **Сокращение мышцы происходит путем взаимного скольжения нитей актина и миозина.**

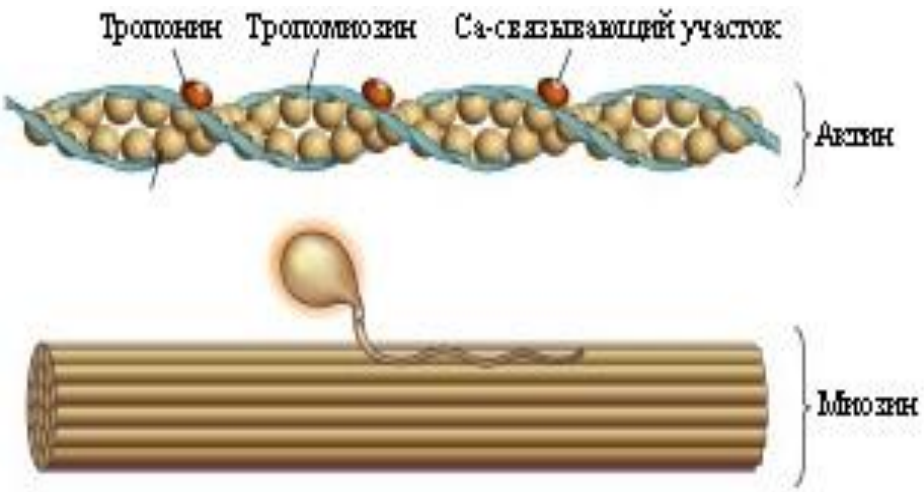
- **Сопряжение возбуждения мембраны мышечного волокна и скольжения нитей обеспечивает работа Т-систем.**

Электромеханическое сопряжение – переход возбуждения с нерва на мышцу и ее сокращение



Строение актина и миозина

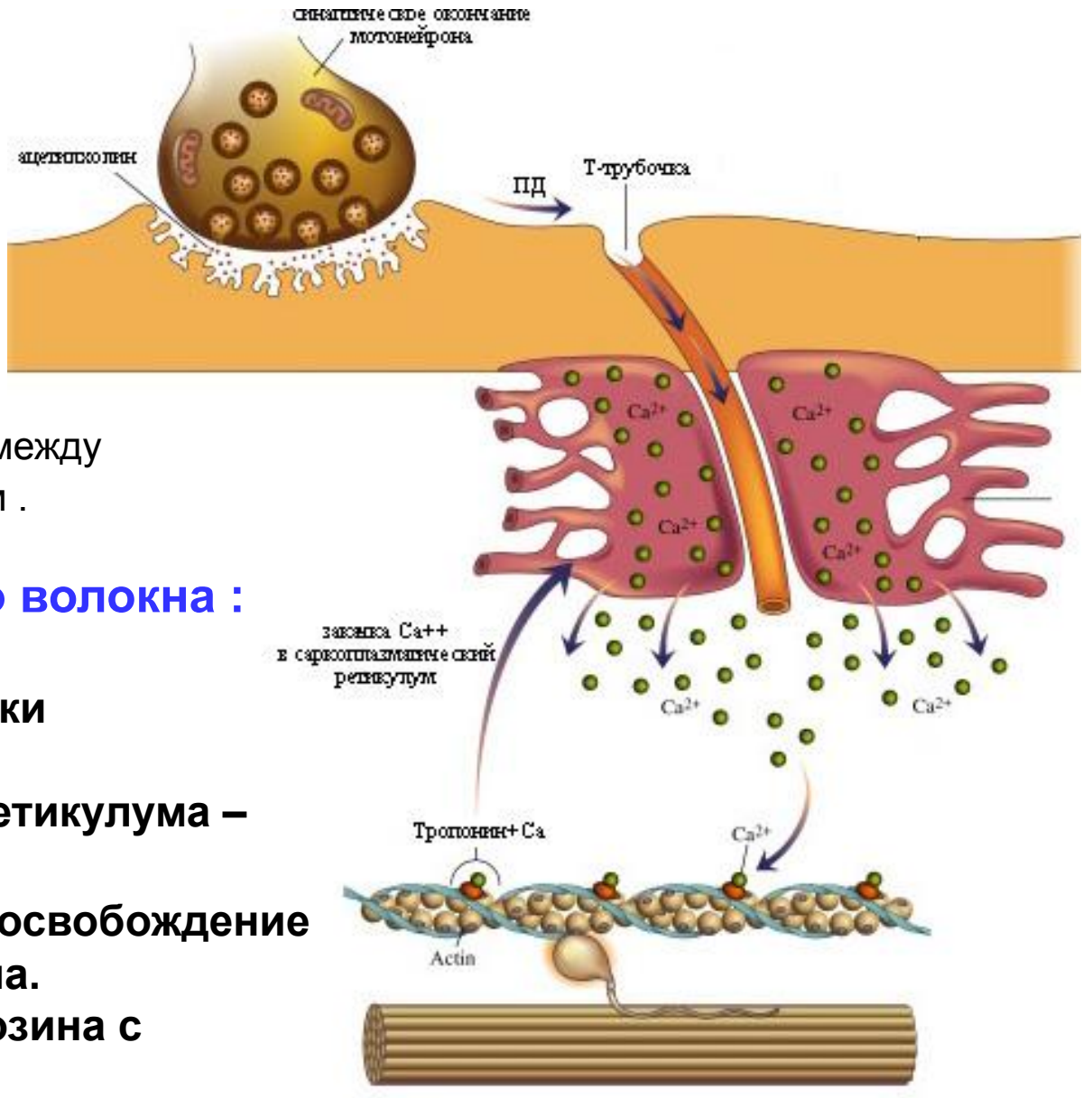




Миозиновые нити имеют выступы – *поперечные мостики*. На их концах расположены утолщения - «головки» миозина.
На актиновых нитях расположены *активные центры*, способные связываться с головками миозина.

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.

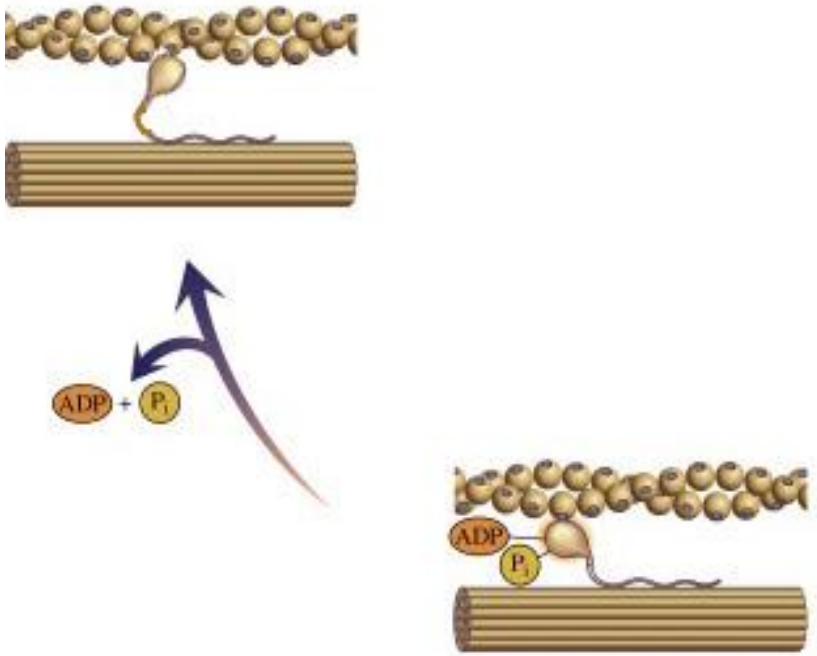


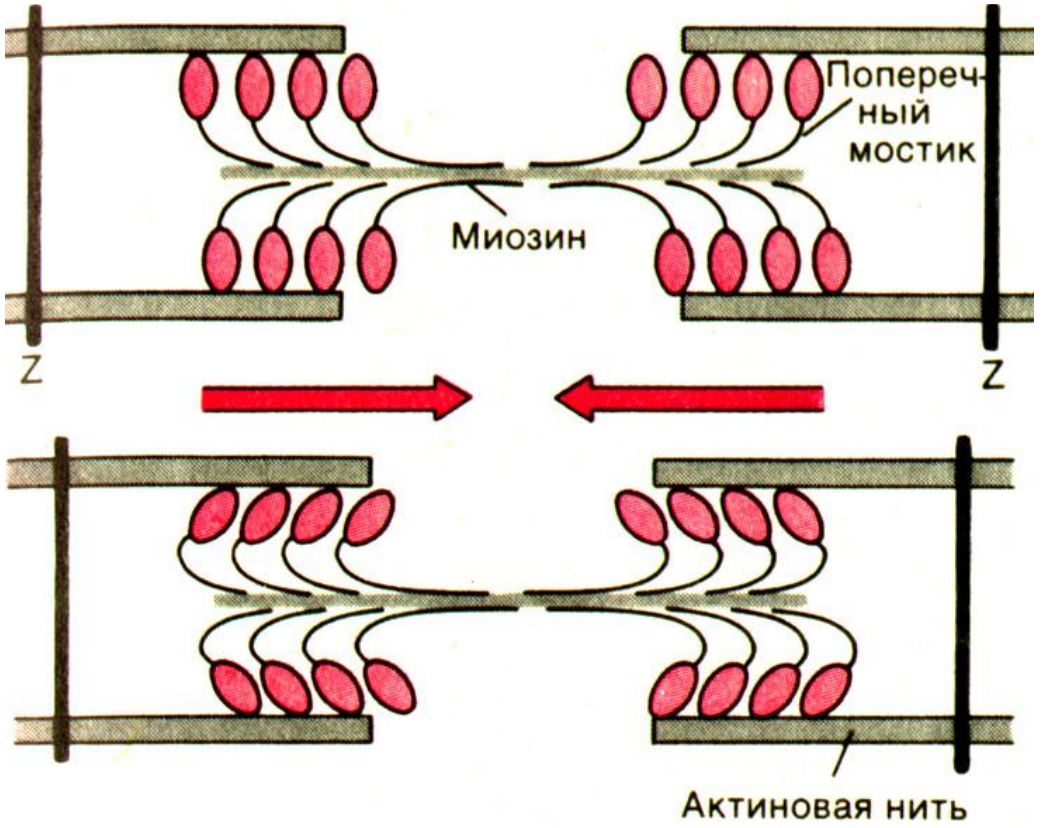
Ион Ca++ – посредник между возбуждением и сокращением .

Возбуждение мышечного волокна :

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

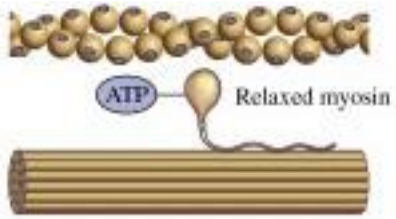
Механизм скольжения нитей: укорочение саркомера=сокращение



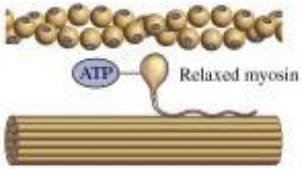


6. Гидролиз АТФ головки миозина, отсоединение АДФ и Ф – высвобождение энергии – смещение головок миозина по направлению к актину (от 90 град до 45 град) – скольжение актиновой нити на один шаг по направлению к центру саркомера, в результате саркомер <u>укорачивается</u>.

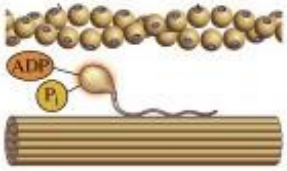
Механизм скольжения: разобщение нитей=расслабление



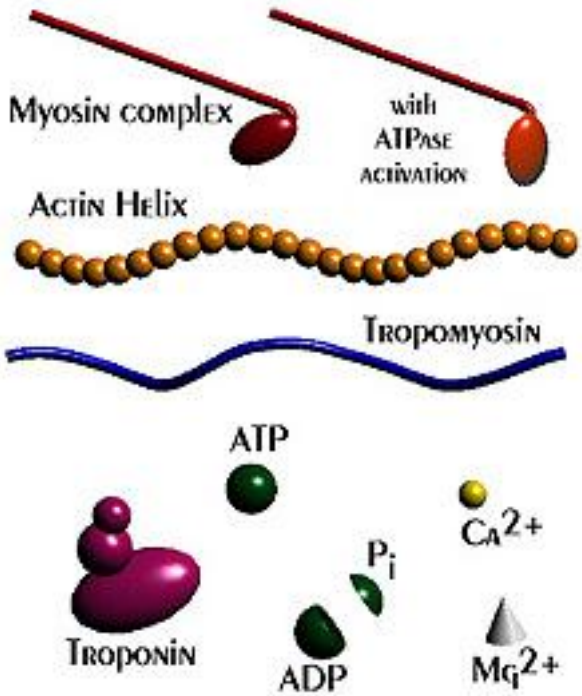
Отсоединение головки миозина от актина: связывание свободной АТФ с головкой миозина.

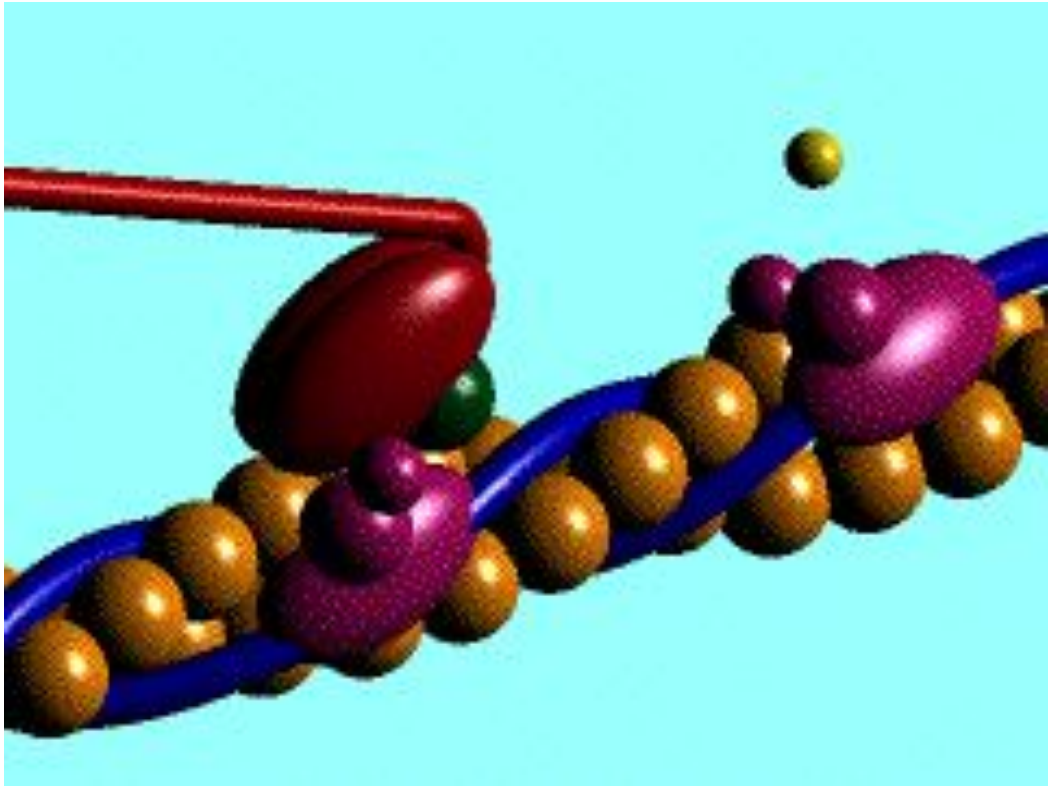


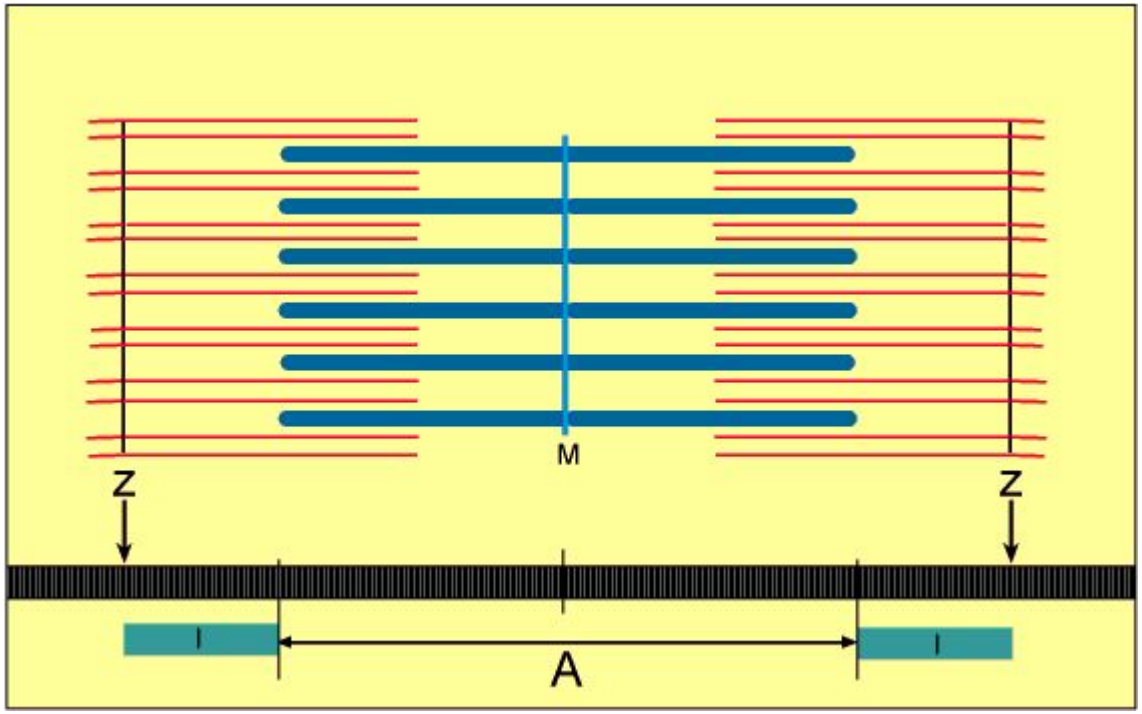
+ Mg



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+

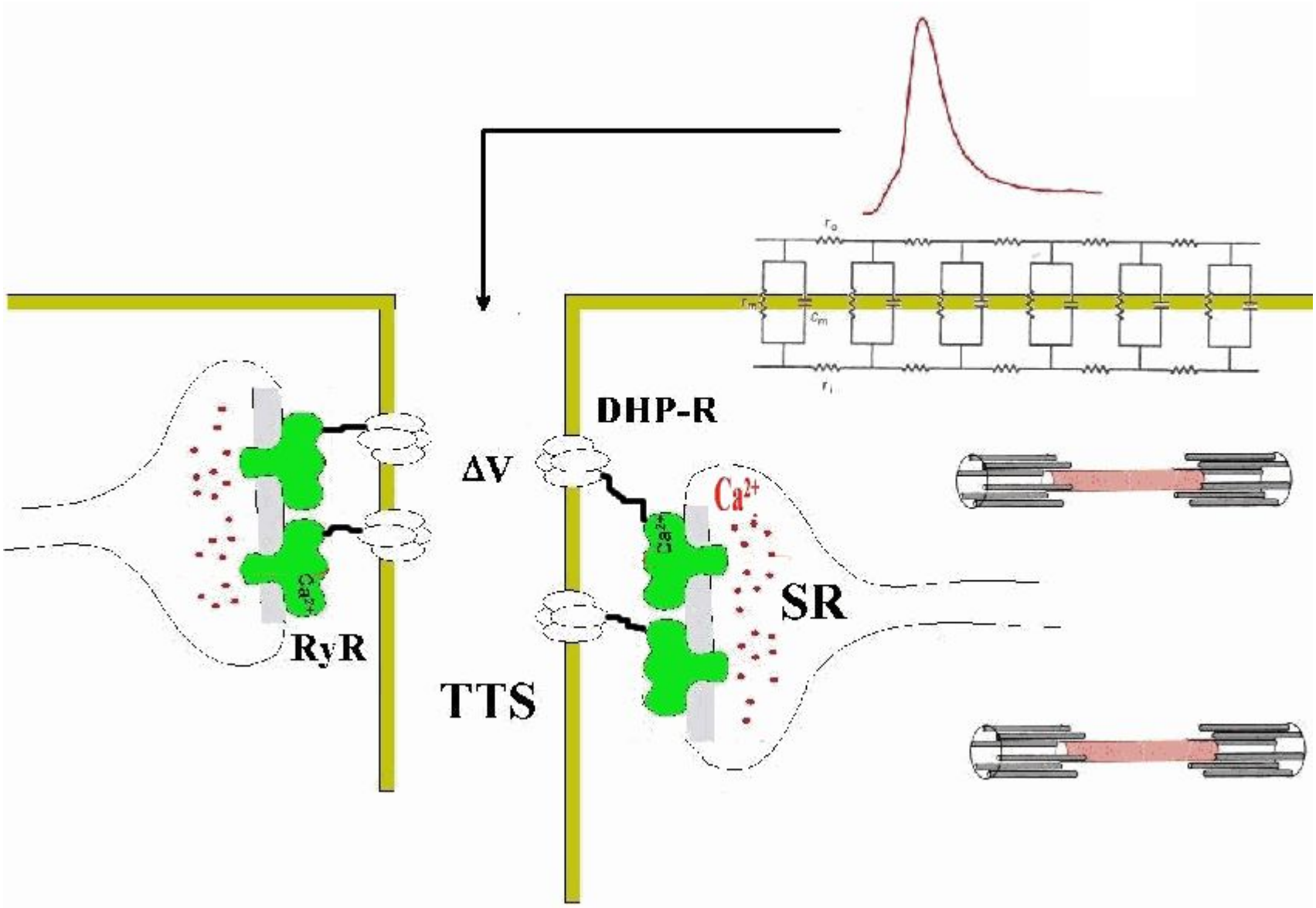




Расслабление мышцы происходит в результате **снижения** уровня Ca++ в цитоплазме.

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

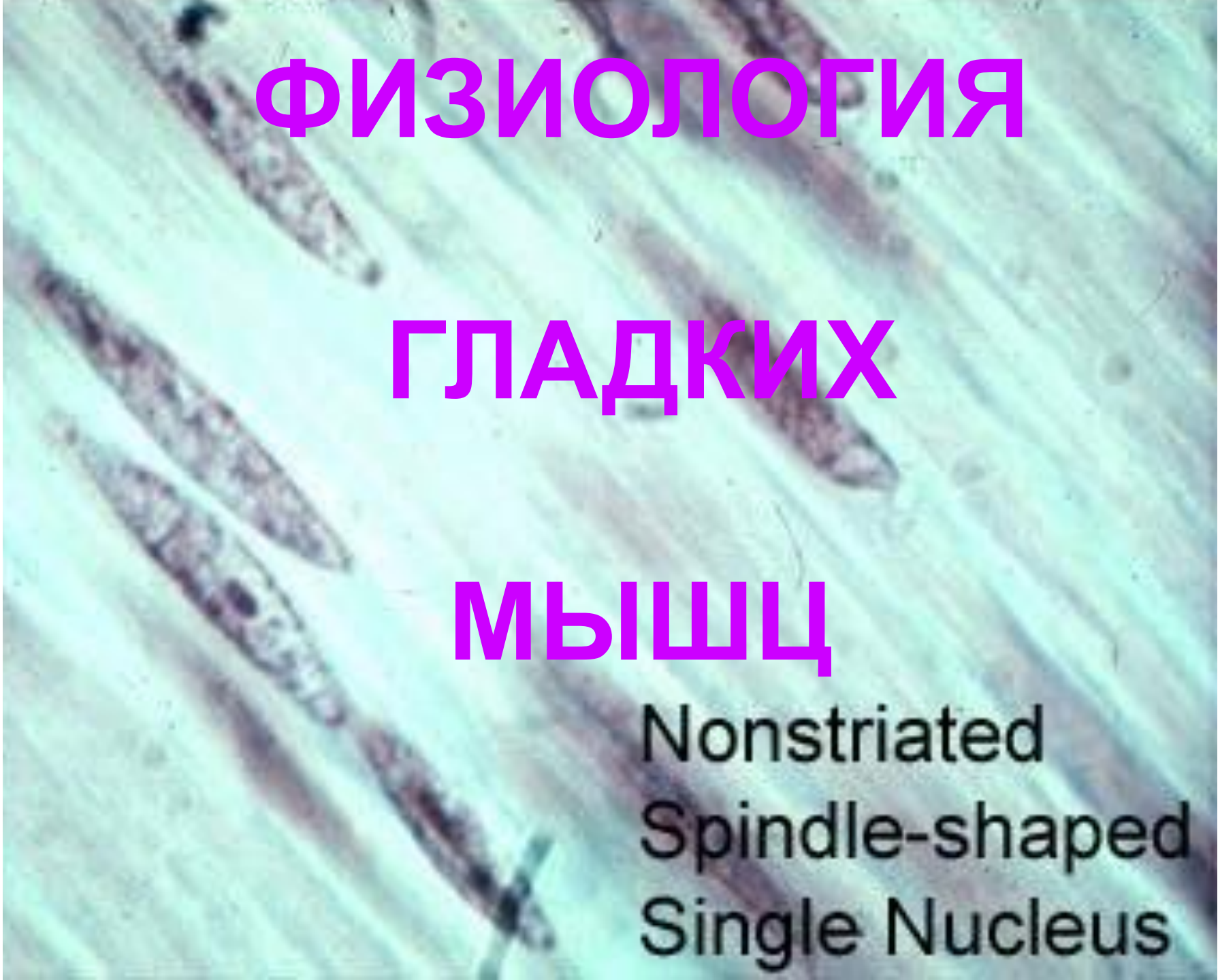
Электромеханическое сопряжение



ФИЗИОЛОГИЯ

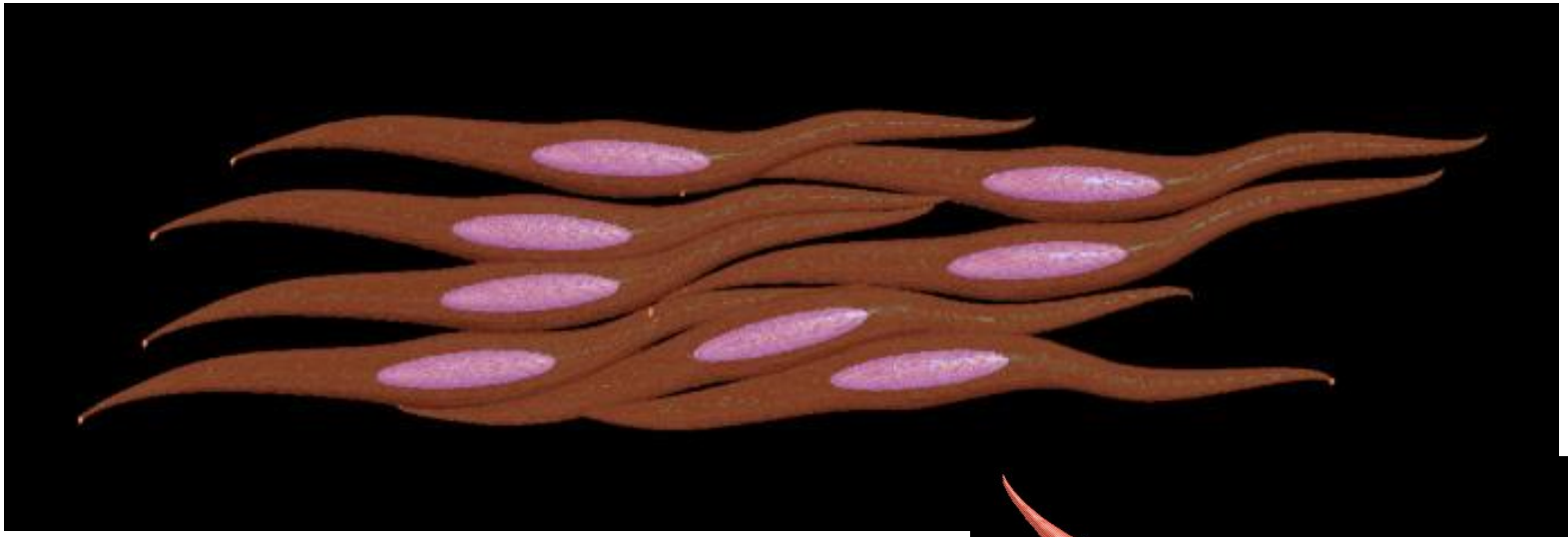
ГЛАДКИХ

МЫШЦ



Гладкие мышцы располагаются в стенках внутренних полых органов:

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

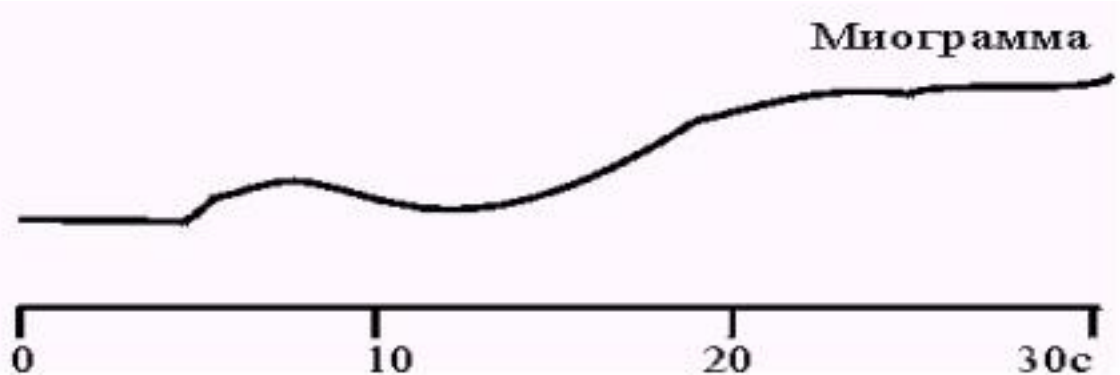


Сократительные особенности гладких мышц

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.

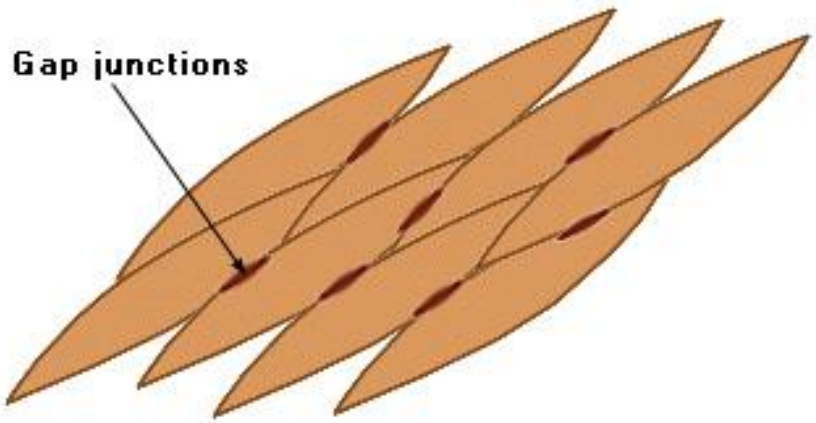
в состоянии расслабления

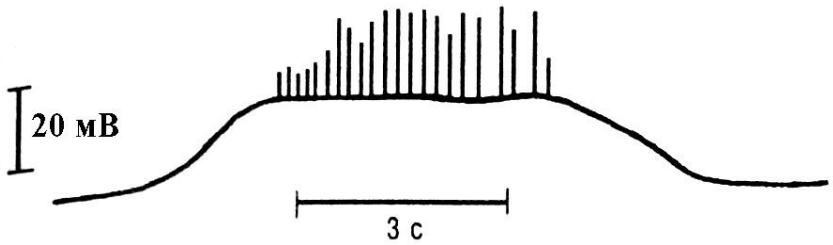
в состоянии сокращения



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

Законы раздражения возбудимых тканей - определяют зависимость ответных реакций от разных качеств раздражающего агента.

Закон «силы» - при увеличении силы раздражителя растет сила ответной реакции. Справедлив для целостных структур – мышцы, нерва, железы.

Закон «все или ничего» - при действии подпорогового стимула ткань не отвечает – «ничего», а пороговый или сверхпороговый – вызывает максимальный ответ. Справедлив для одиночного нервного или мышечного волокна и одиночной железистой клетки – гландулоцита, а также для сердечной мышцы.

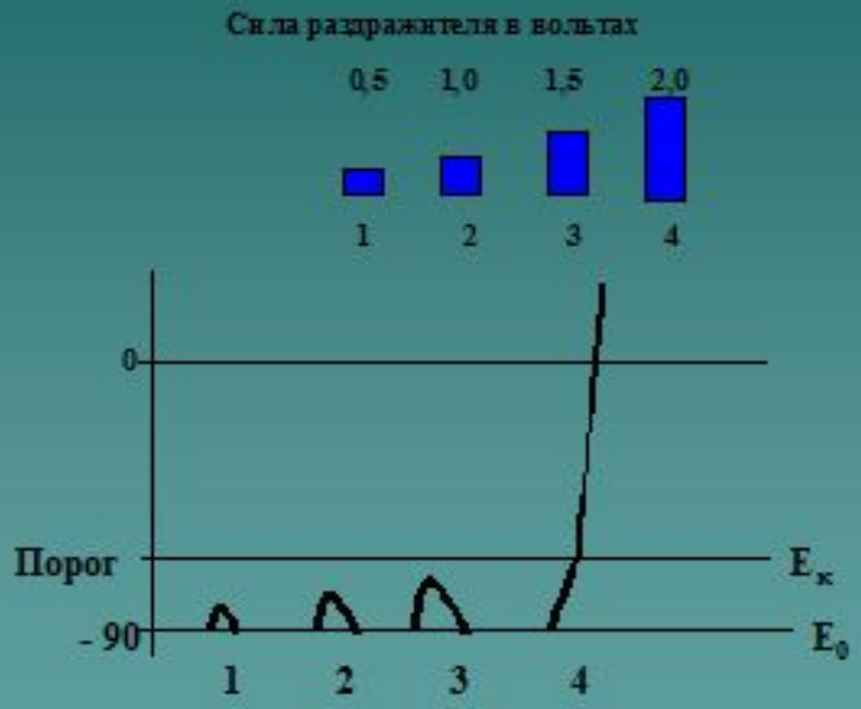
Закон «аккомодации»(Дюбуа-Реймона) - ответная реакция зависит не только от величины раздражителя, но и от скорости ее нарастания. При снижении скорости увеличивается порог раздражения – ткань аккомодирует, снижается ее возбудимость.

Закон «силы-длительности» (Вейсса-Лапика) - раздражающее действие постоянного тока зависит не только от его величины, но и от времени его действия на ткань. При большей силе тока необходимо меньшее время его действия на ткань.

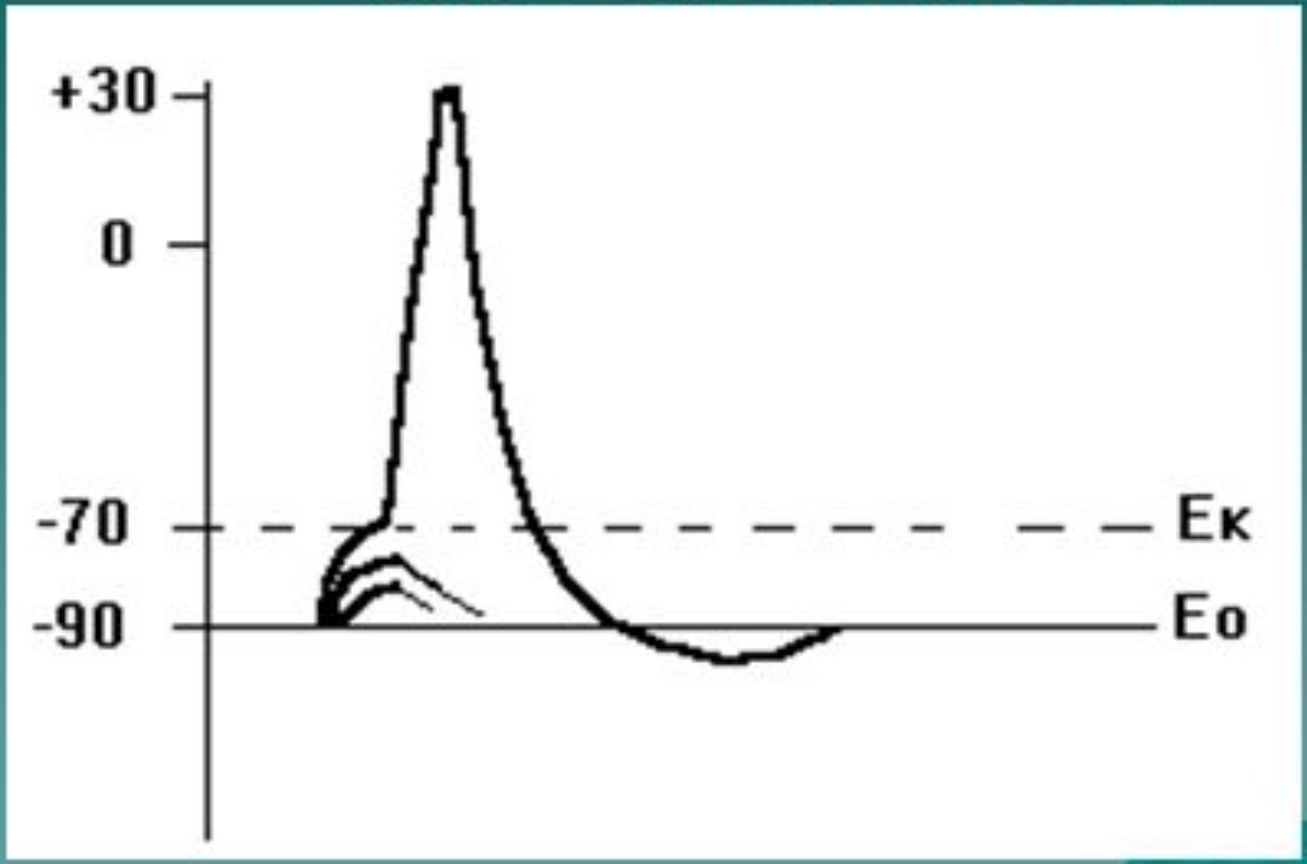
Закон полярного действия постоянного тока Э.Пфлюгера – возбуждение возникает при замыкании цепи под катодом, а при размыкании - под анодом.

Закон физиологического электротона Э.Пфлюгера – действие постоянного тока сопровождается изменениями возбудимости ткани. Катэлектротон и анэлектротон.

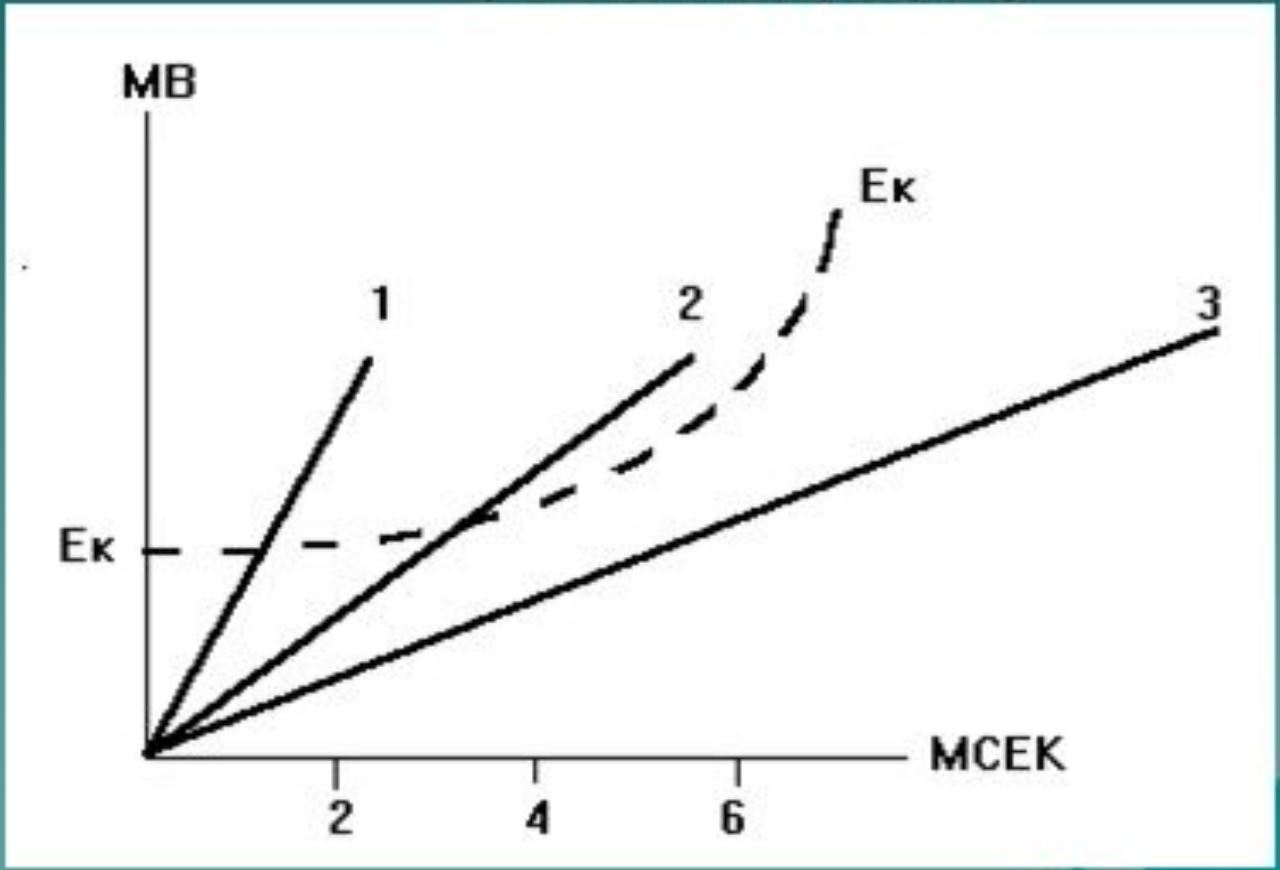
Локальные ответы и закон силы



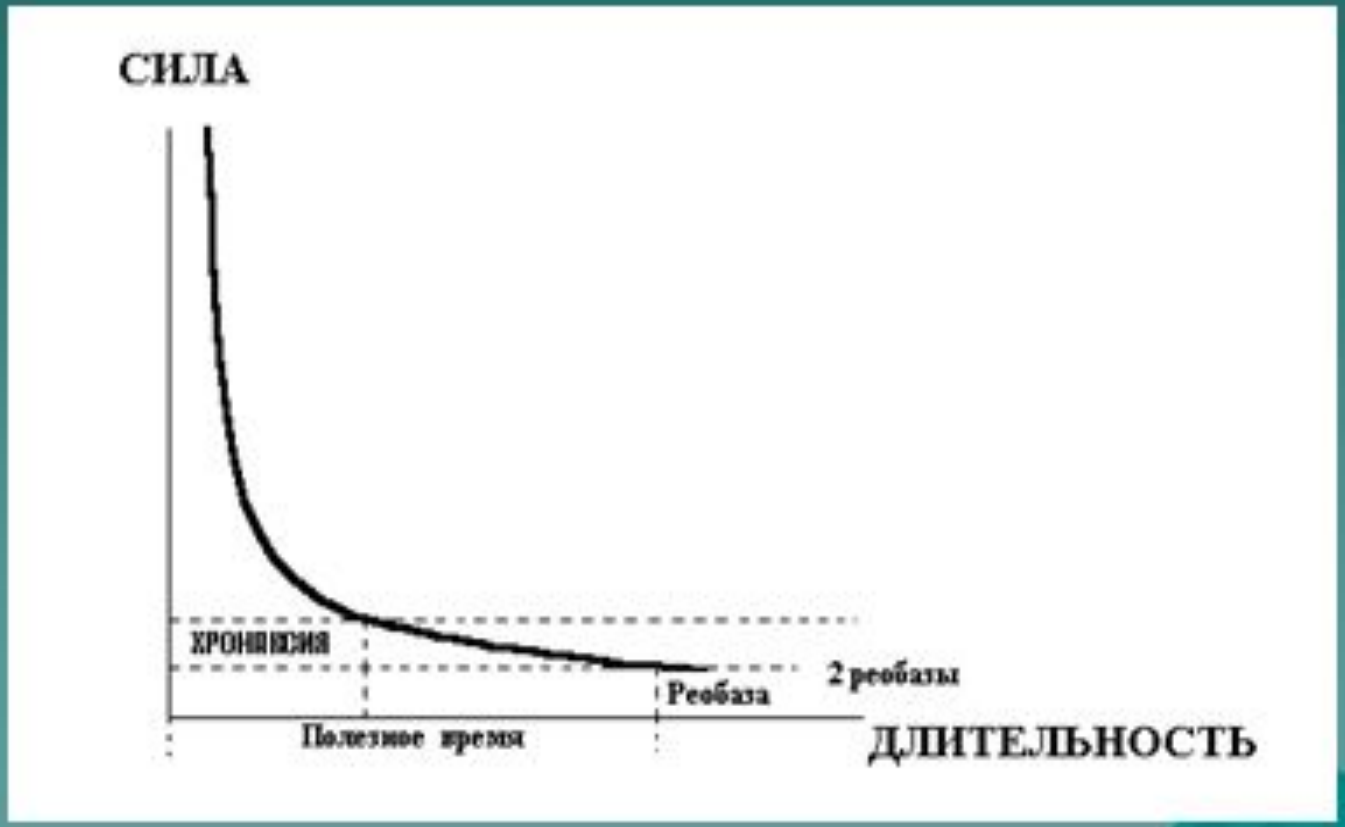
ЗАКОН “ВСЕ ИЛИ НИЧЕГО”



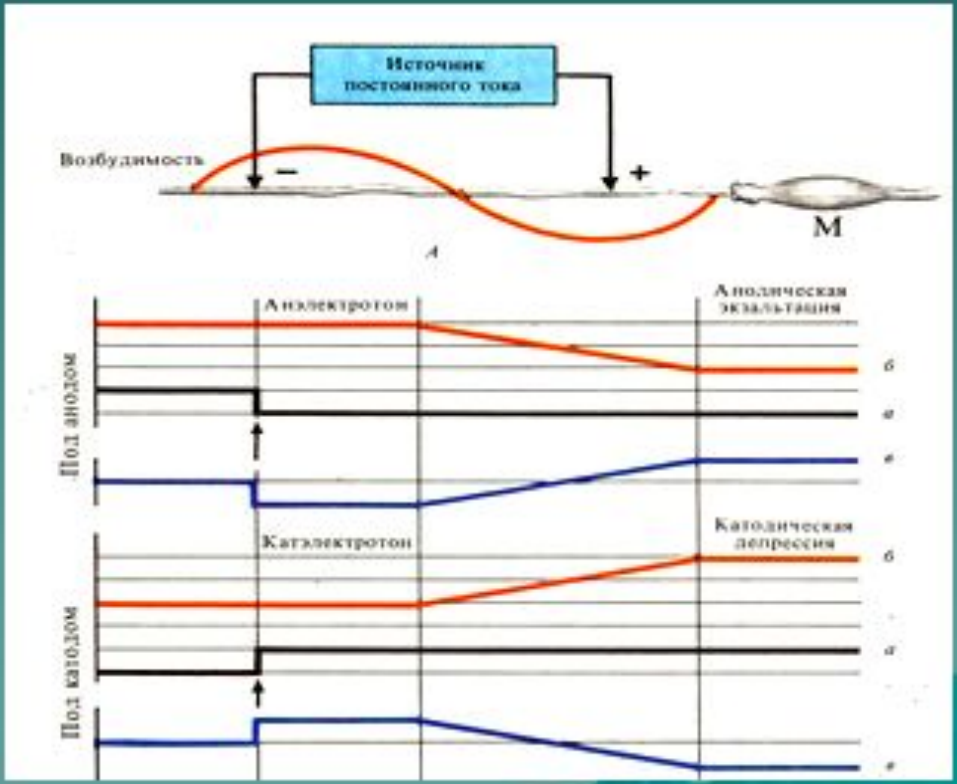
ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ (АККОМОДАЦИЯ)



ЗАКОН «СИЛА - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»



Физиологический электротон



Лабильность -

- Максимальное число импульсов, которое возбудимая ткань способна воспроизвести в соответствии с частотой раздражения

Лабильность:

- НЕРВ – свыше 1000 Гц
- МЫШЦА – свыше 50 Гц

Синапс имеет самую низкую лабильность, утомление в нем развивается в первую очередь.

Располагаясь между нервом и мышцей – синапс защищает мышцу от перевозбуждения и сохраняет ее функции.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ