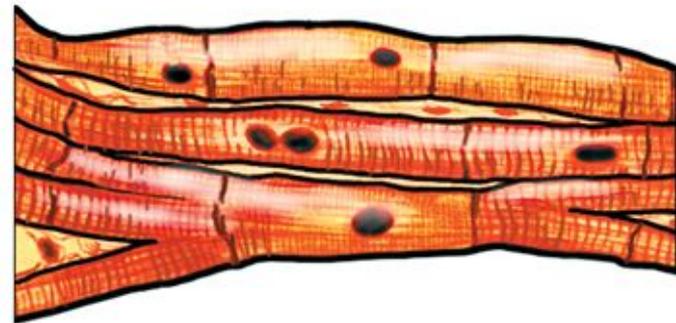
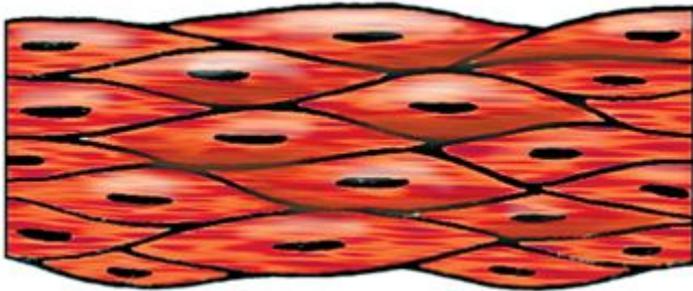


**Разновидности мышечного
волокна. Сократительные белки.
Анатомическое строение и
физиологические свойства
мышечной ткани. Механизм
сокращения.**

д.м.н., проф. Марочков А.В.

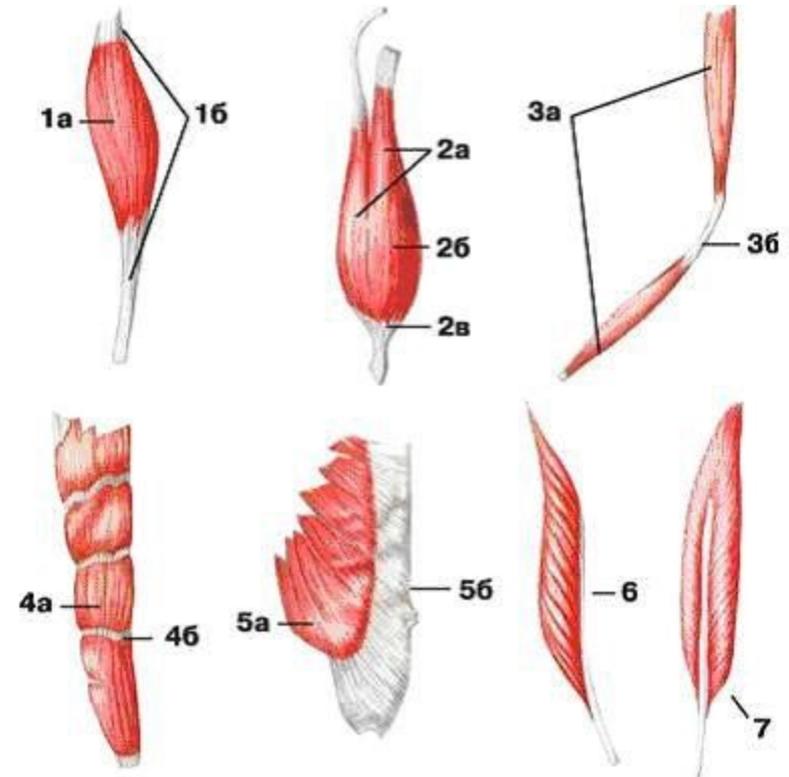
Типы и свойства мышечной ткани

- Возбудимость
- Сократимость
- Проводимость
- Эластичность



Макроскопическое строение мышц

Брюшко
Головка мышцы,
Хвост мышцы,
Мышцы-антагонисты,
Мышцы-синергисты,
Апоневроз?



МЫШЦЫ

СТРОЕНИЕ

ГОЛОВКА

БРЮШКО

МЫШЕЧНЫЕ
ПУЧКИ

СУХОЖИЛОК,
АПОНЕВРОЗ

ВСПОМОГА-
ТЕЛЬНЫЙ
АПАРАТ

ФАСЦИЯ

ПОВЕРХНОСТНАЯ

ГЛУБОКАЯ

СЫНОВИАЛЬНАЯ
СУМКА

СЕСАМОВИДНЫЕ
КОСТИ

КЛАССИФИКАЦИЯ

ЗА ФОРМОЙ

КВАДРАТНАЯ, ТРИУГОЛЬНАЯ,
КОЛОВАЯ, ОДНОПЕРИСТАЯ,
ДВОПЕРИСТАЯ:

ЗА КОЛИЧЕСТВОМ ГОЛОВОК

Одно-, дво-, три-, четырехглавая

ЗА НАПРАВЛЕНИЕМ ВОЛОКОН

Прямая, косая, поперечная,
продольная

ЗА РОСПОЛОЖЕНИЕМ

Повекрхностные, глубокие,
латеральные, медиальные

Микроскопическое строение мышц.

Мышечный пучок

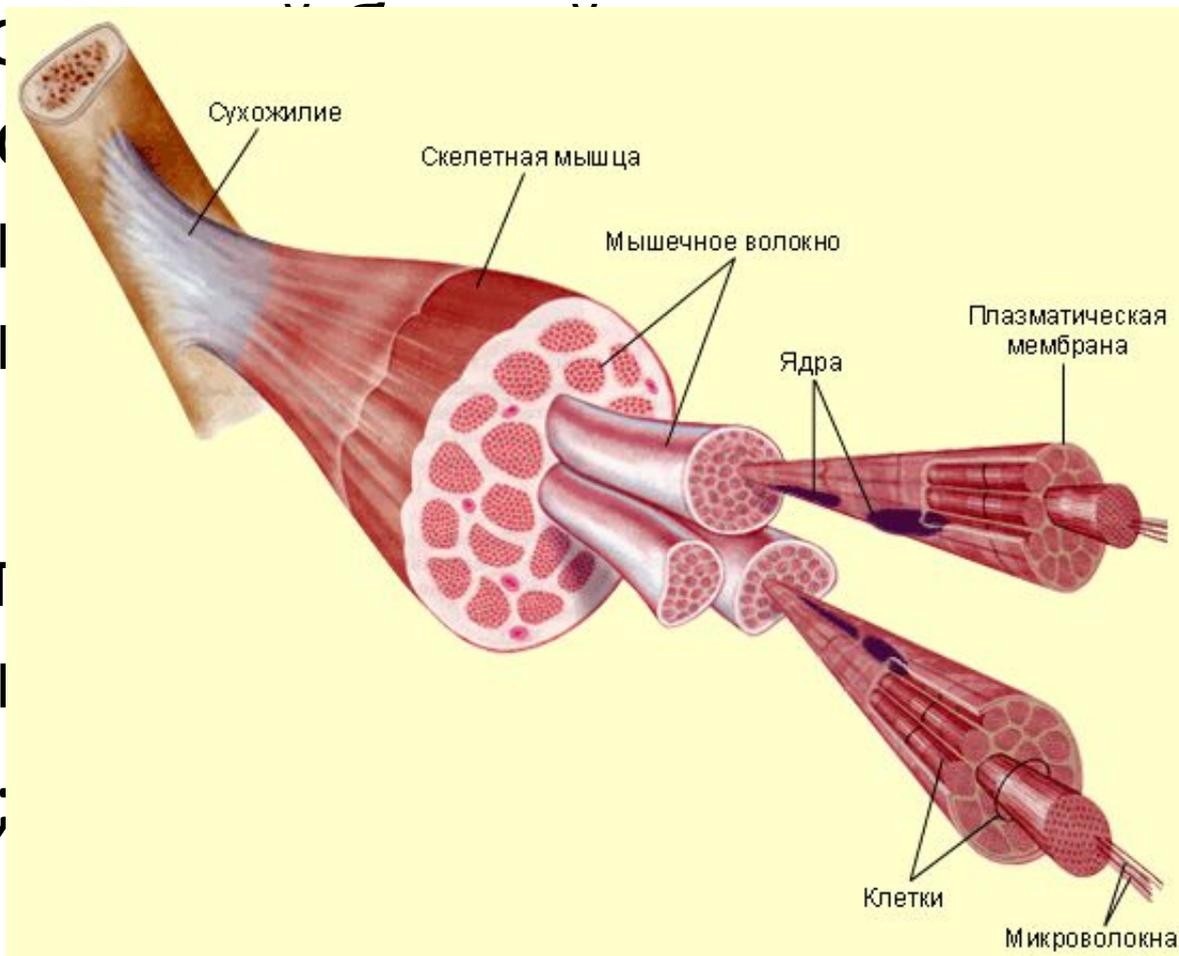
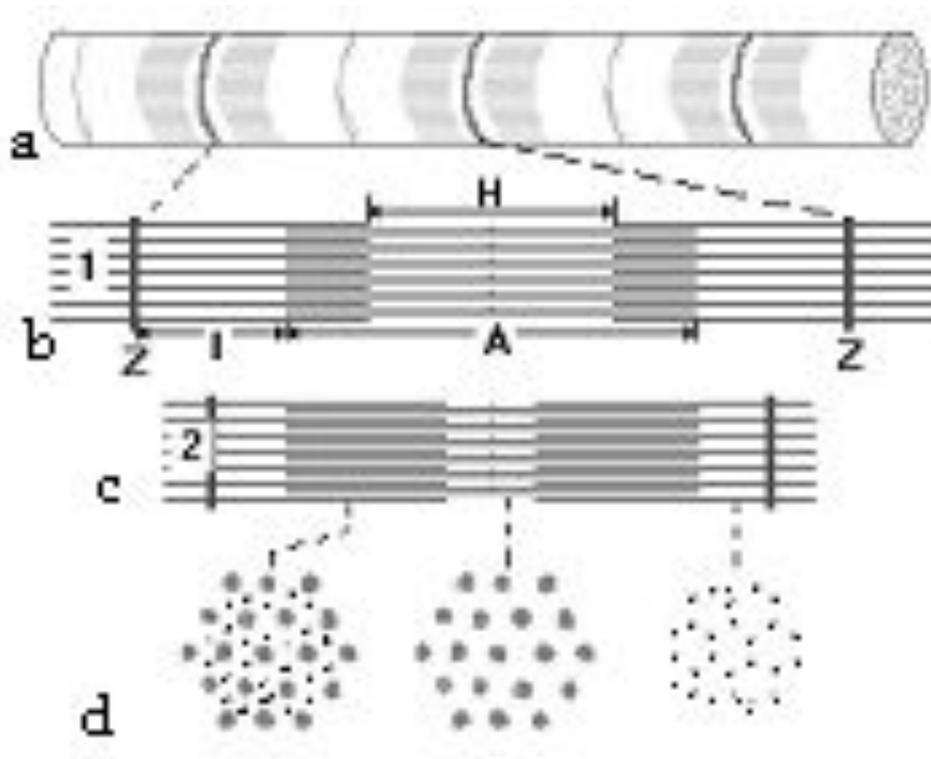


Схема строения мышечного волокна



Саркомер - с двух сторон ограничен

Z – мембранами.

Толстые – миозиновые,

Тонкие – актиновые нити.

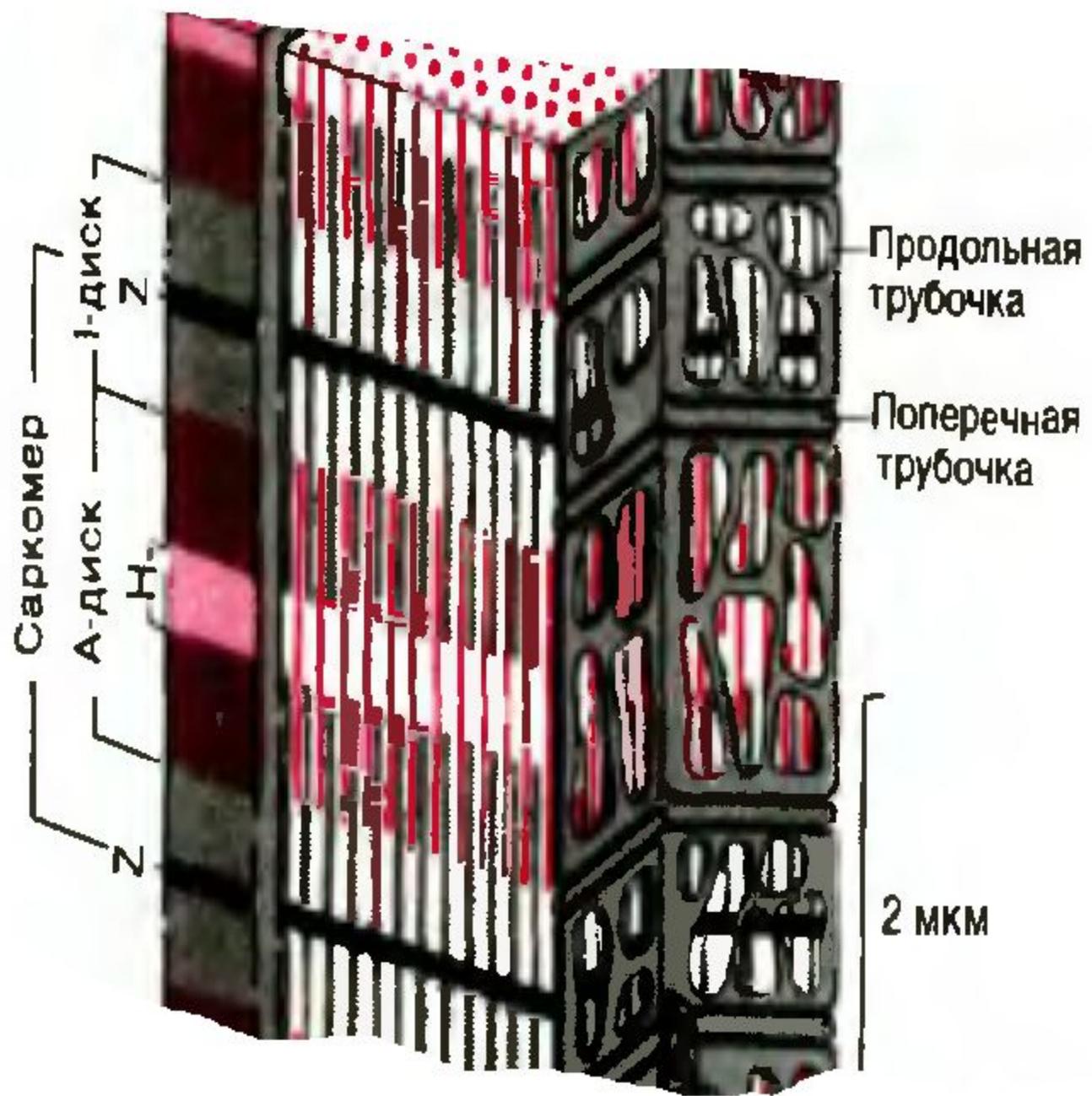
Состояния:

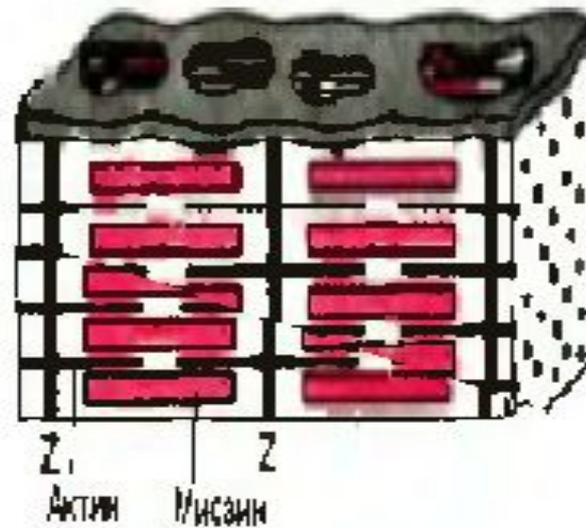
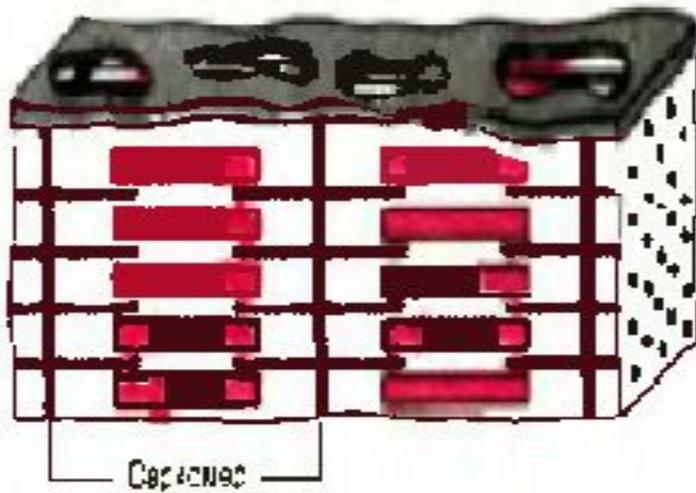
1 - расслабленное,

2 – сокращенное.

Длина саркомера в покое мышце около

2 мкм, а в сократившейся с максимальной силой - несколько более 1 мкм.



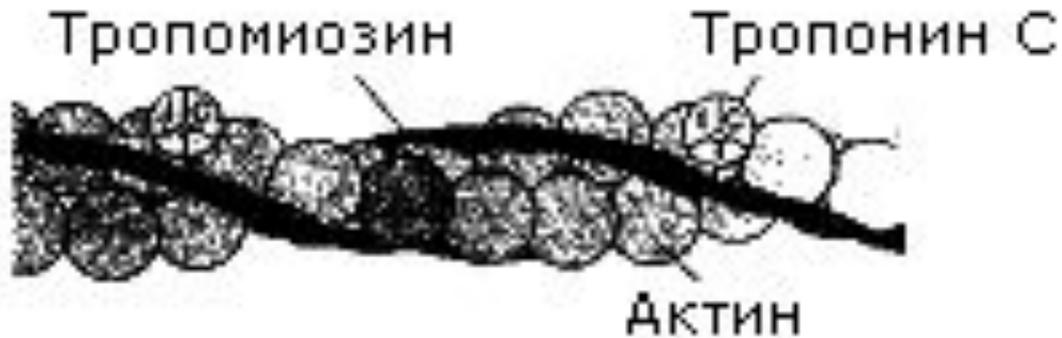


**Саркомер в
расслабленном
состоянии**

**Саркомер в
состоянии
сокращения**

Саркоплазма

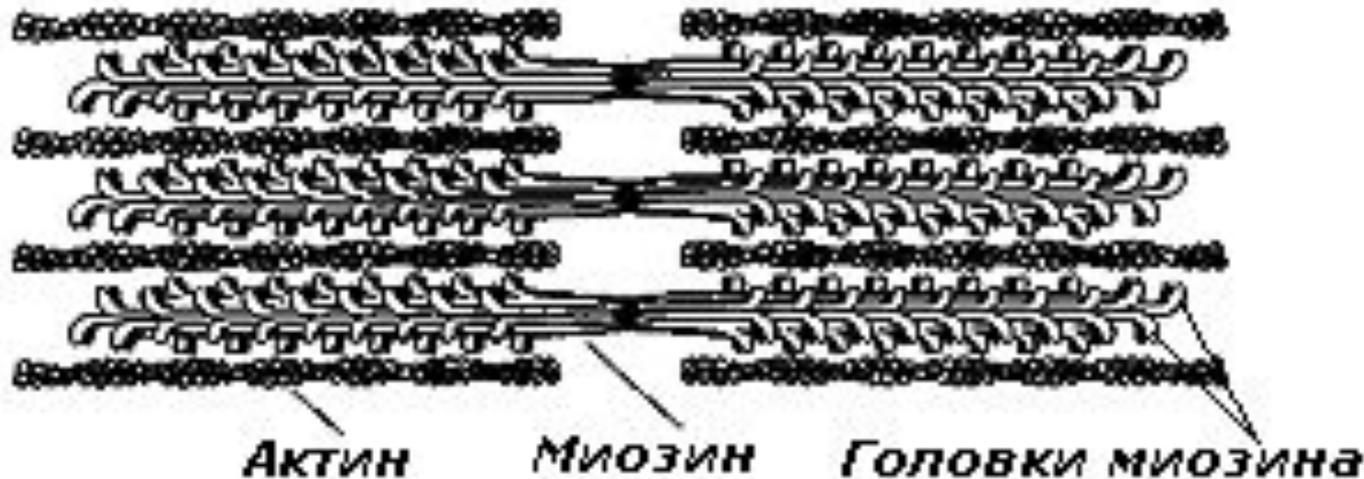
- В саркоплазме находится весь набор типичных для любой клетки органоидов.
- Особо следует подчеркнуть наличие:
 - - саркоплазматического ретикулума,
 - - миоглобина,
 - - большого количества митохондрий,
- Кроме того здесь есть *сократимые миофиламенты*.



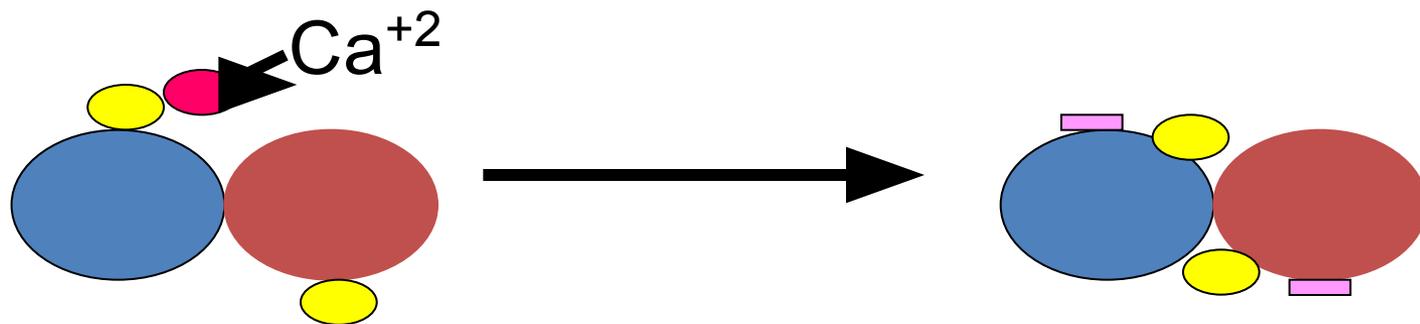
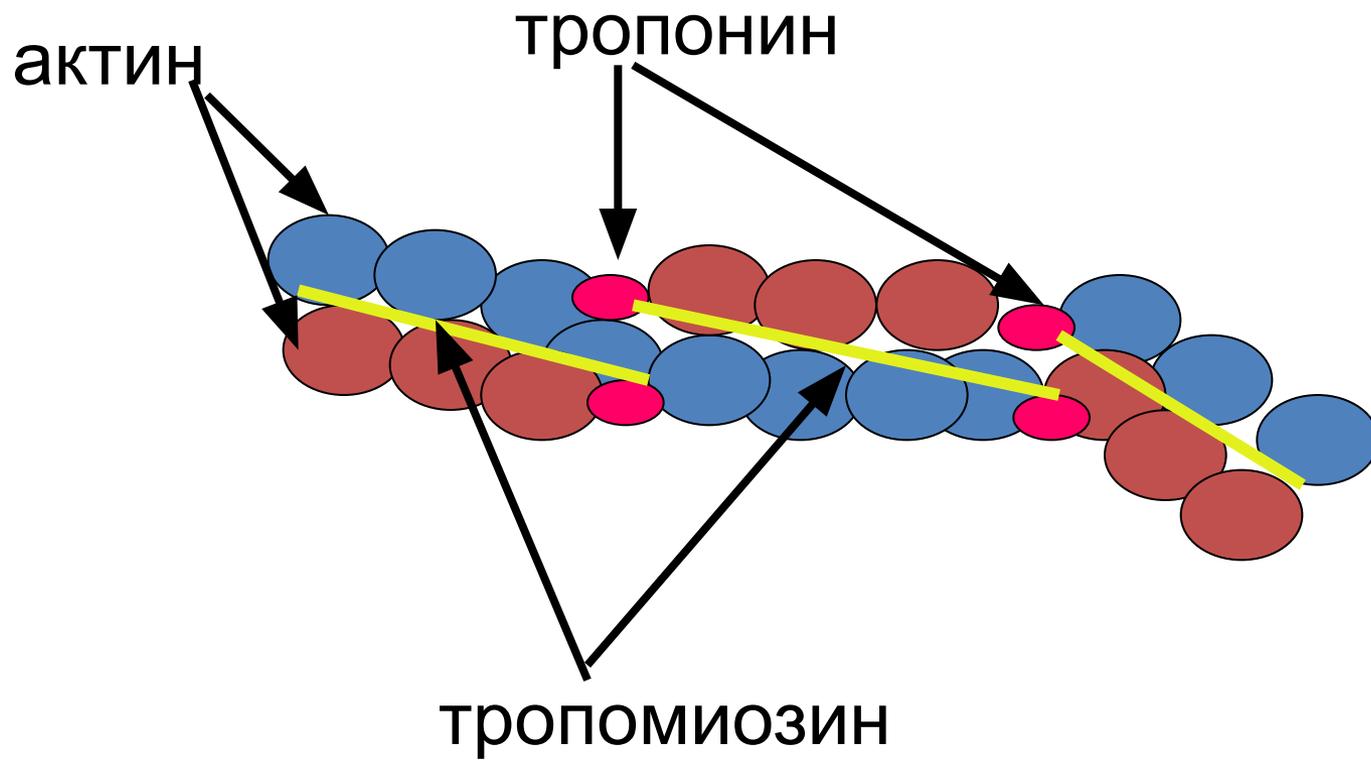
Актиновые миофиламенты

- **Актиновые филаменты**, скомпонованы из двух актиновых нитей, представляющих собой как бы бусинки глобулярных молекул актина. Тонкие нити имеют *активные центры*, расположенные друг от друга на расстоянии 40 нм, к которым могут прикрепляться головки миозина. Кроме актина в тонких нитях имеются и другие белки - тропомиеозин, тропонины (I, T, C). Тропоновый комплекс располагается над **активными центрами**, прикрывая их, что препятствует соединению актина с миозином.

Схема строения актиновых и миозиновых филаментов

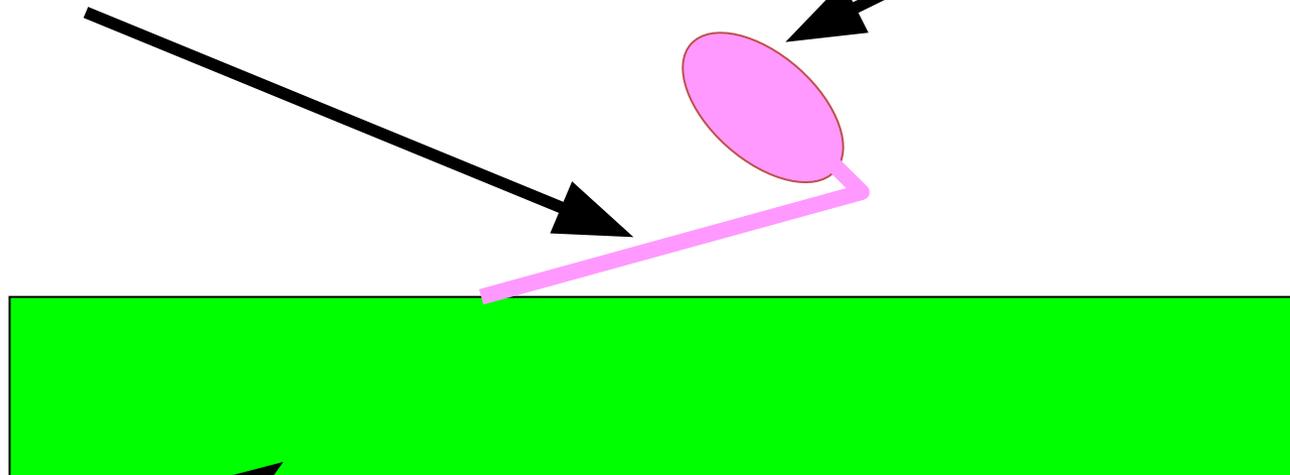


- **Миозиновые филаменты** образуются более чем двумястами молекулами миозина. Каждая из них скручена попарно и имеет выступающий отросток, называемый *головкой*. Головки направлены под углом от центра в сторону тонких нитей (напоминают «ерш» для мытья посуды). В основании головки миозина имеется фермент АТФаза, а на самой головке располагаются легкие цепи и молекула АТФ.



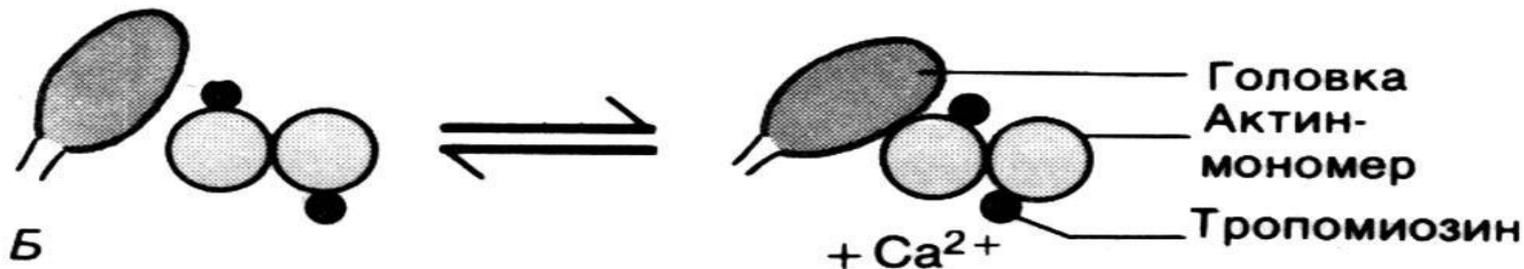
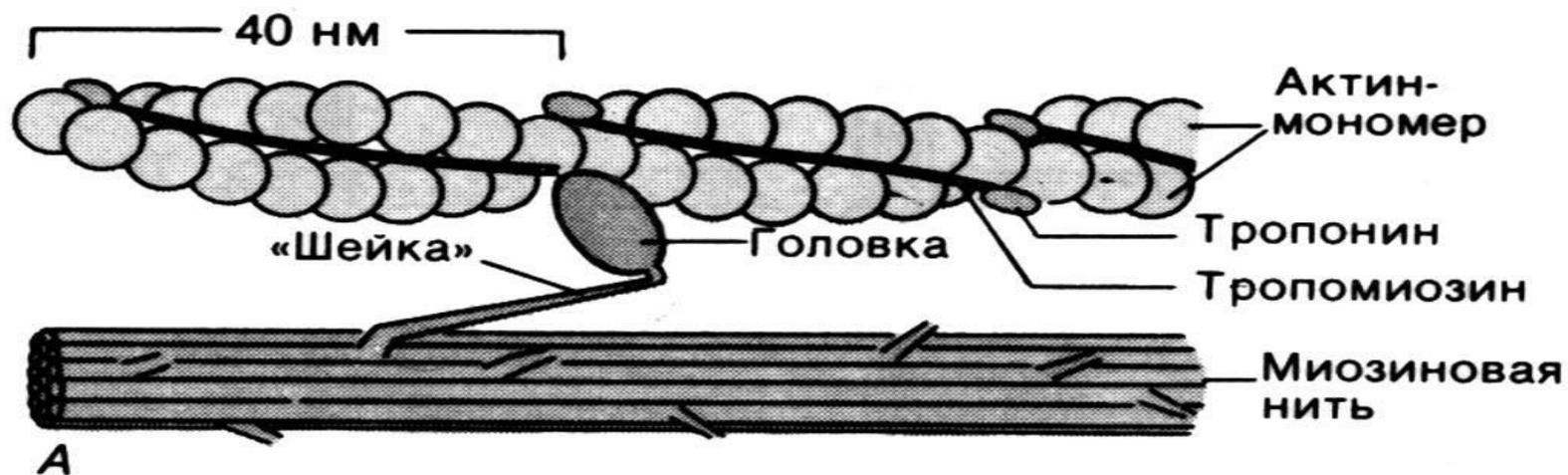
ГОЛОВКА

шейка

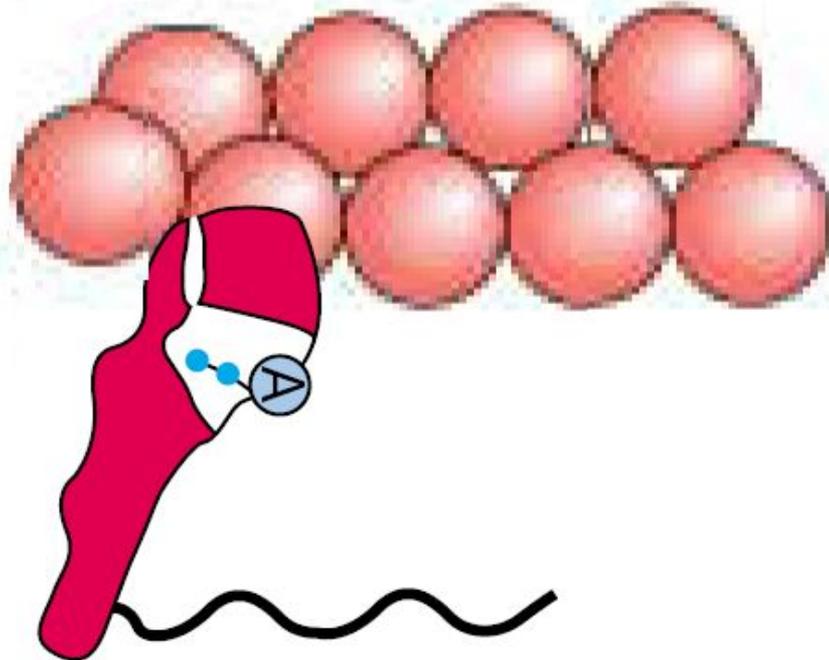
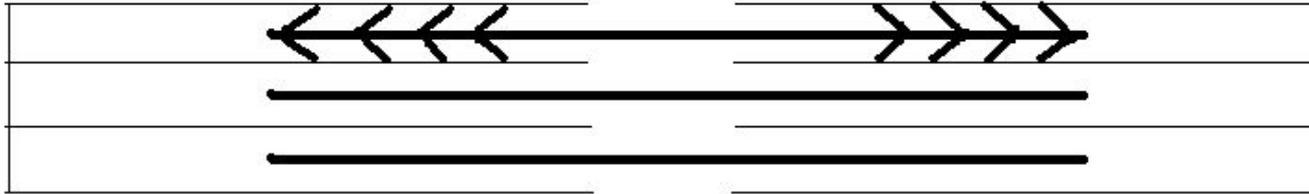


МИОЗИН

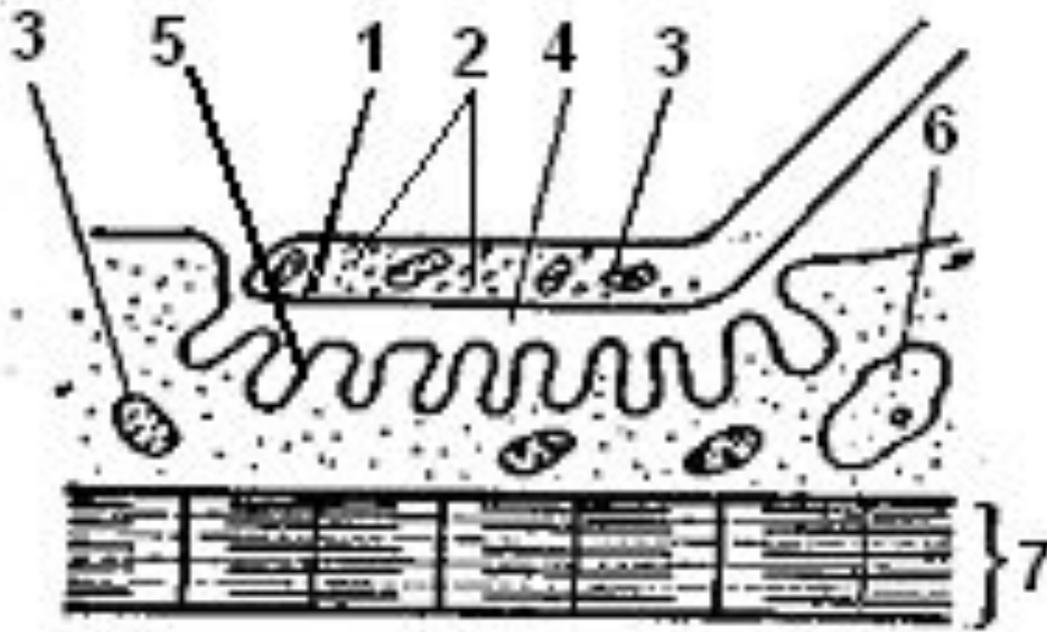
АКТИНО-МИОЗИНОВЫЕ МОСТИКИ



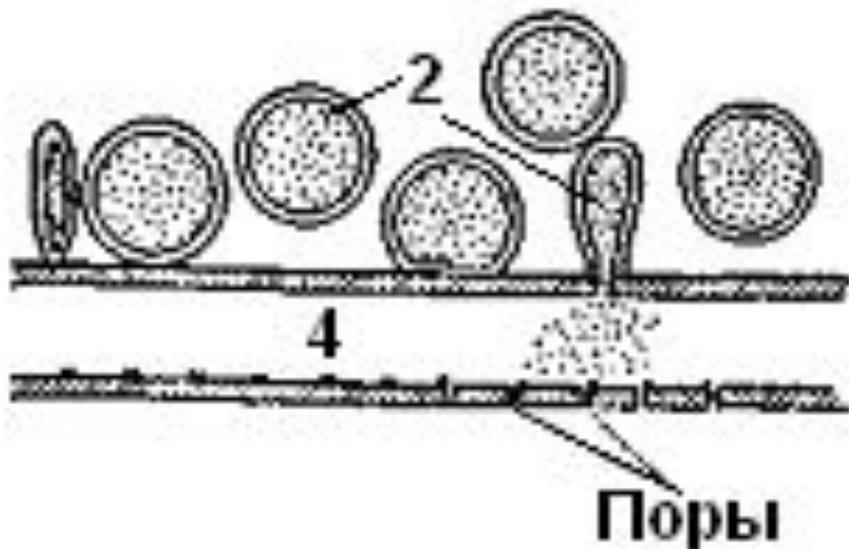
Цикл работы головки миозина

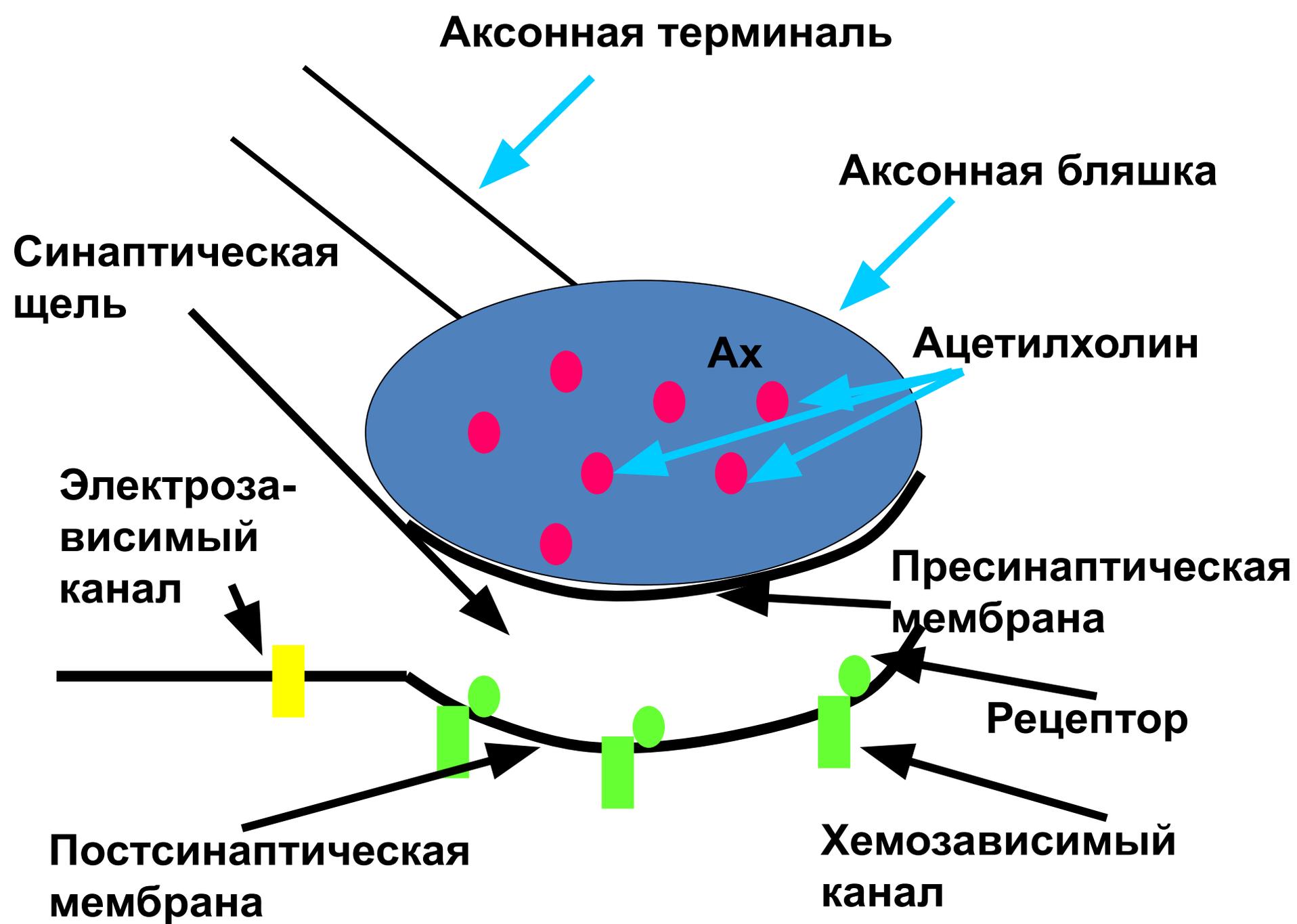


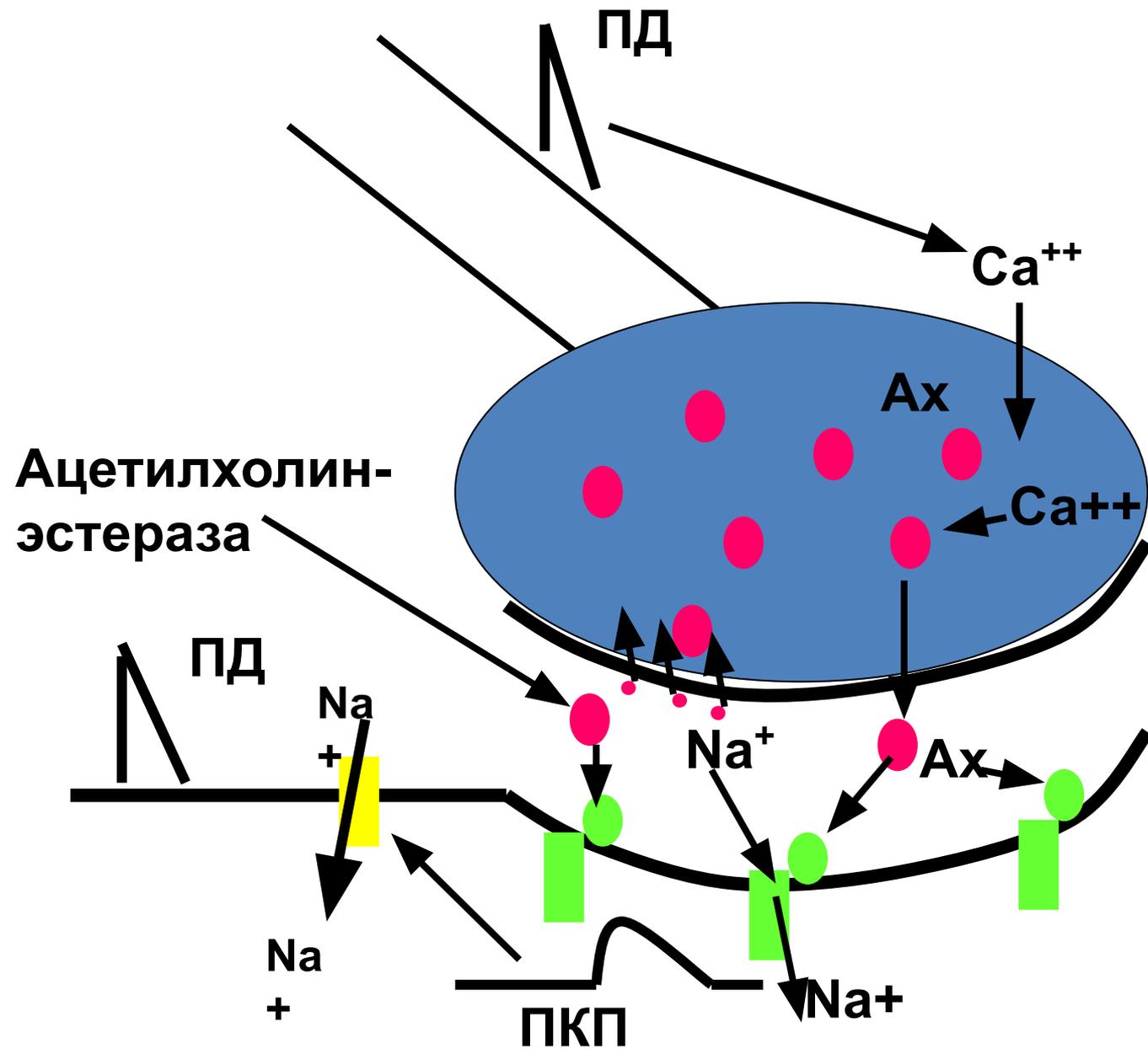
Нервно-мышечный синапс



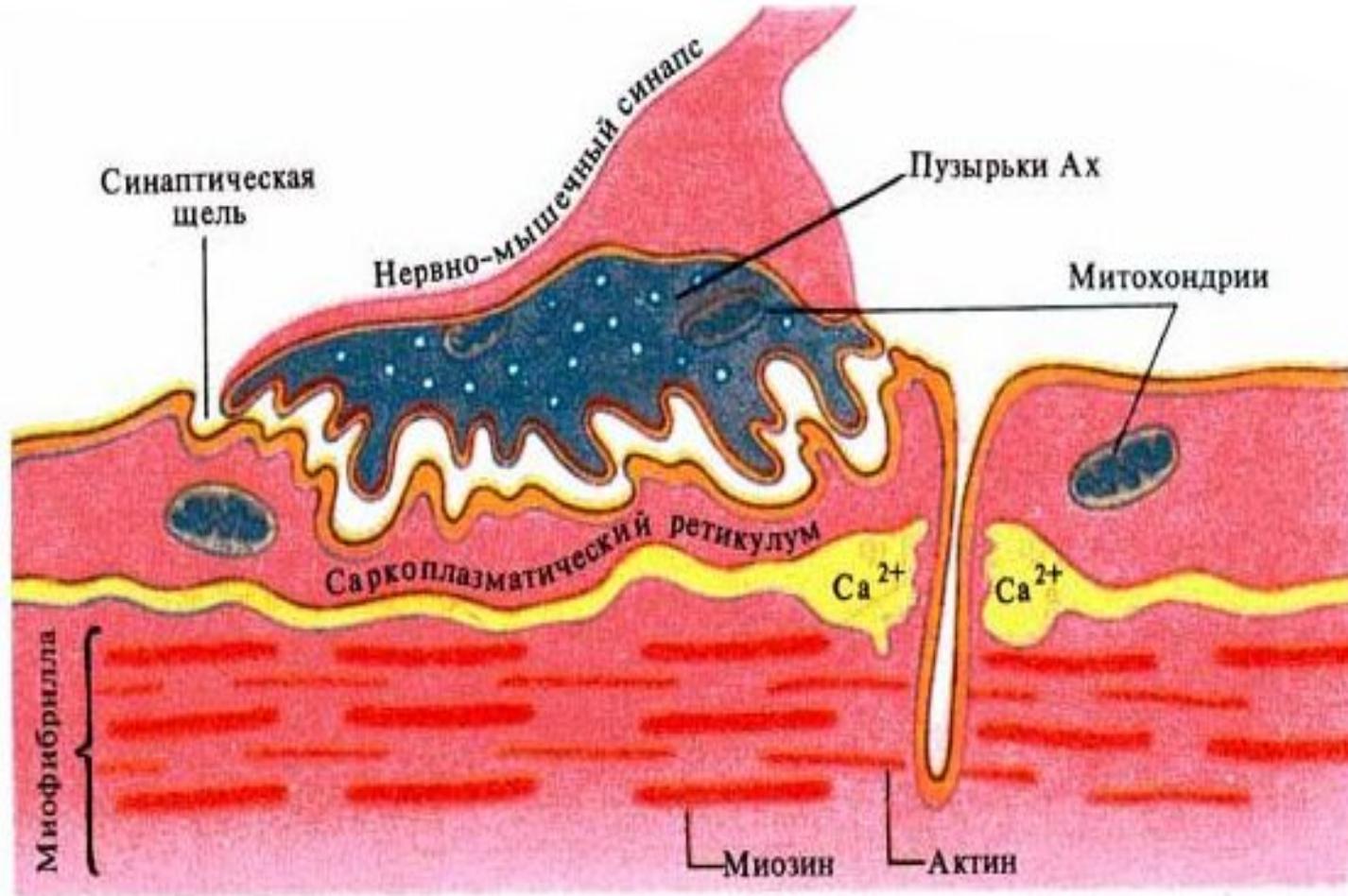
- 1 - пресинаптическая мембрана,
- 2 - пузырьки с ацетилхолином,
- 3 - митохондрии,
- 4 - синаптическая щель,
- 5 - постсинаптическая мембрана,
- 7 - миофибриллы.
- *Ширина синаптической щели 20-30 нм*



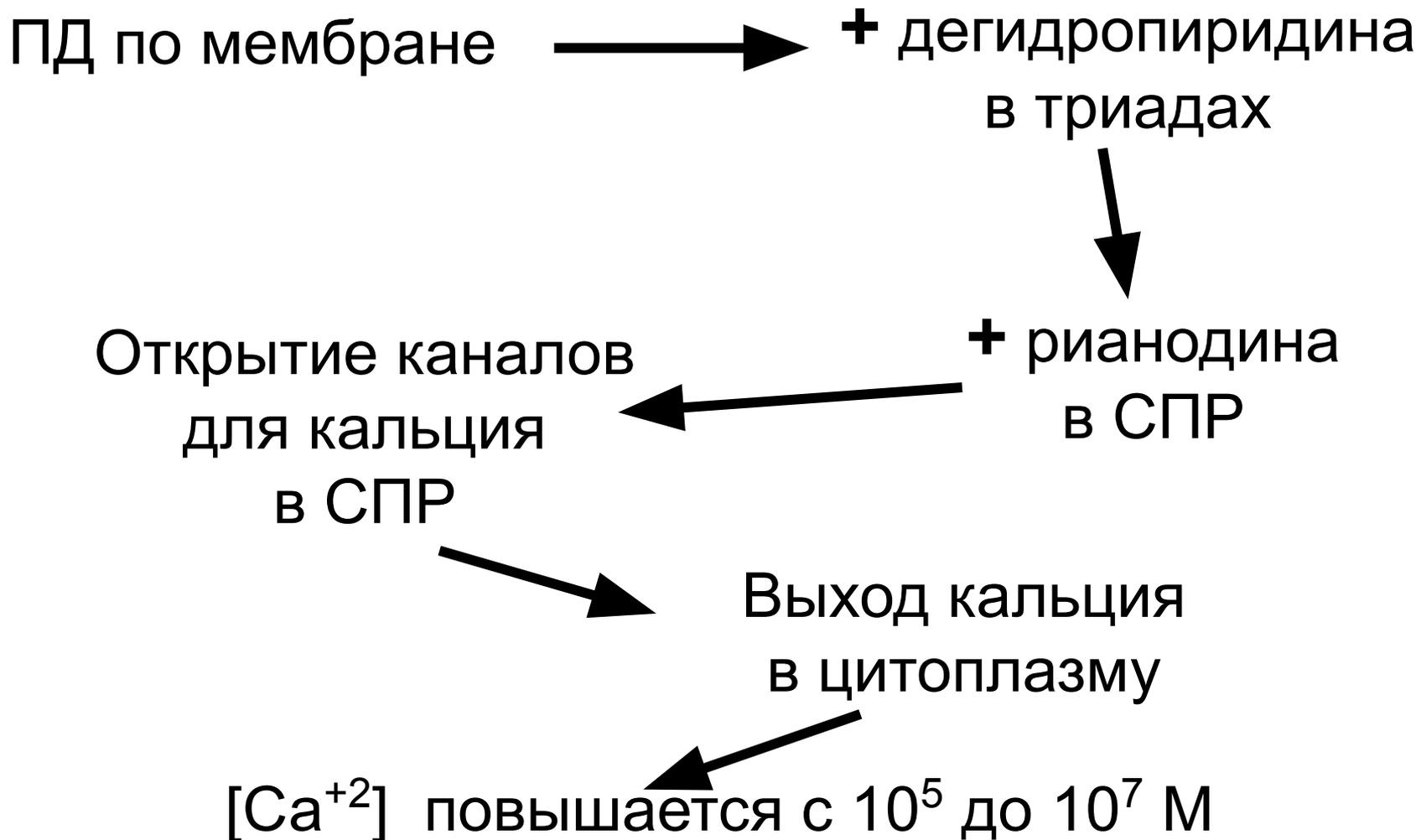




Строение нервно-мышечного синапса в разрезе

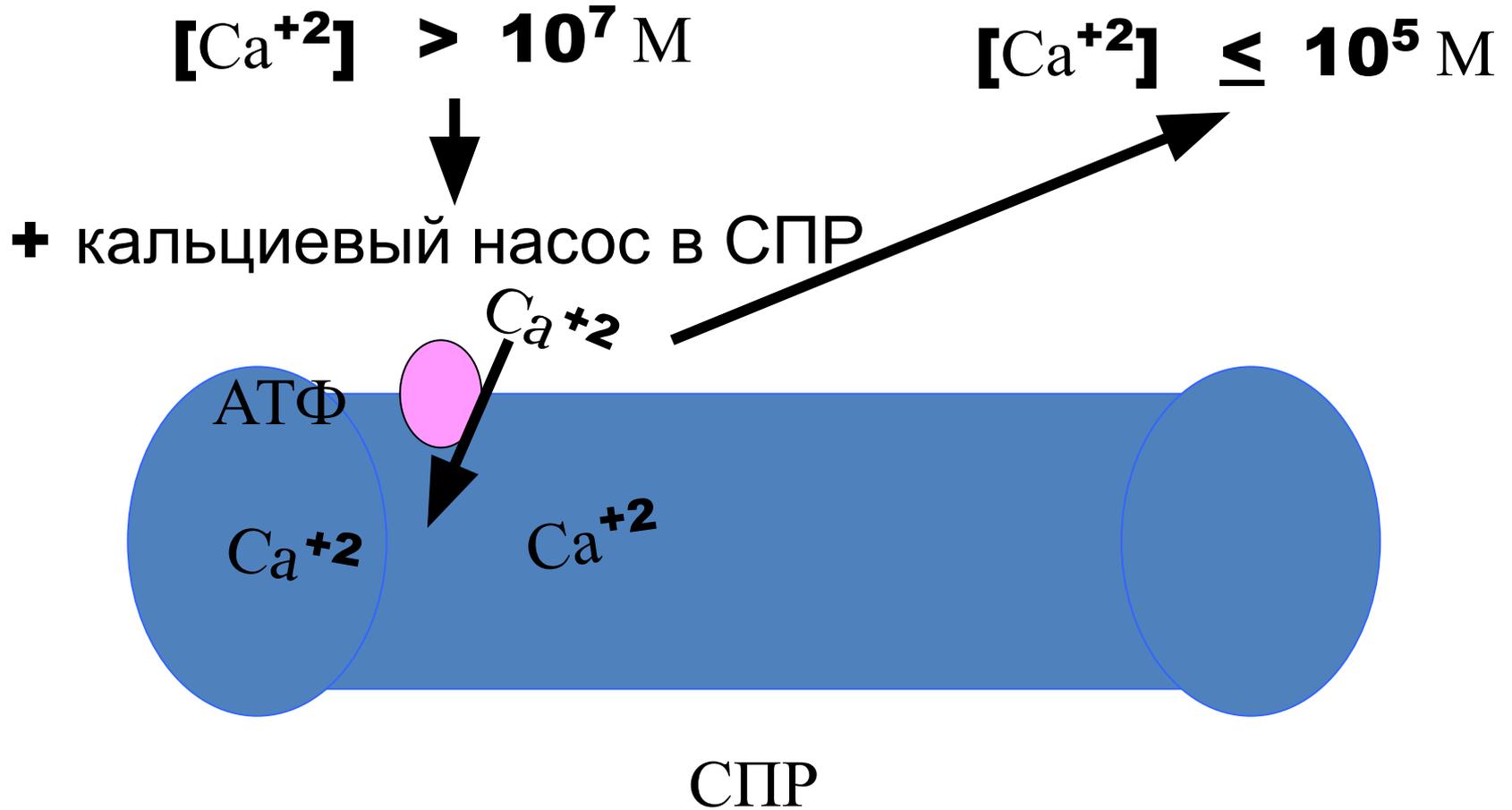


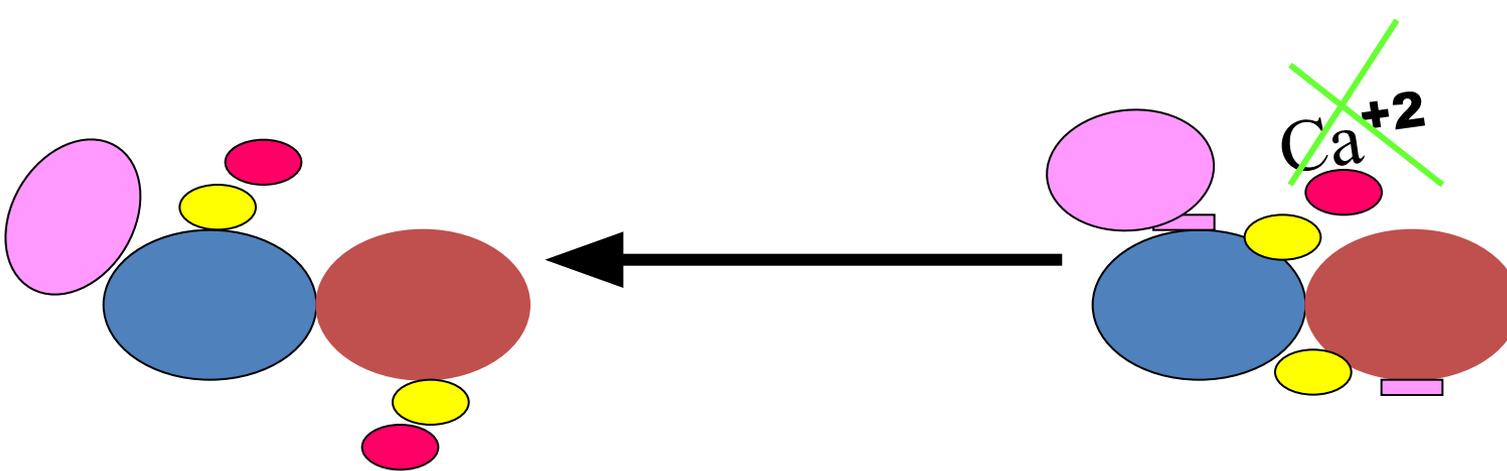
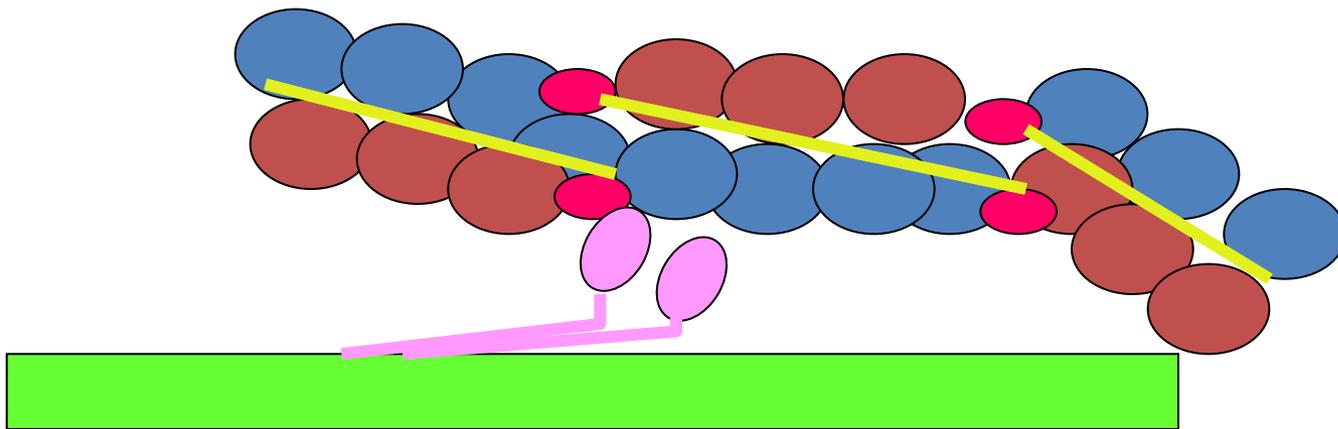
Электрохимическое преобразование



**Без ПД кальций в
цитоплазму не выйдет!!**

Механизм расслабления мышцы





Затраты энергии АТФ во время мышечного сокращения

- На поддержание ионной асимметрии (натрий-калиевый насос)
- Образование мостиков («приклеивание» миозиновых головок к нитям актина)
расщепляется 1 молекула АТФ на образование 1-го мостика
- **На работу кальциевого насоса!**

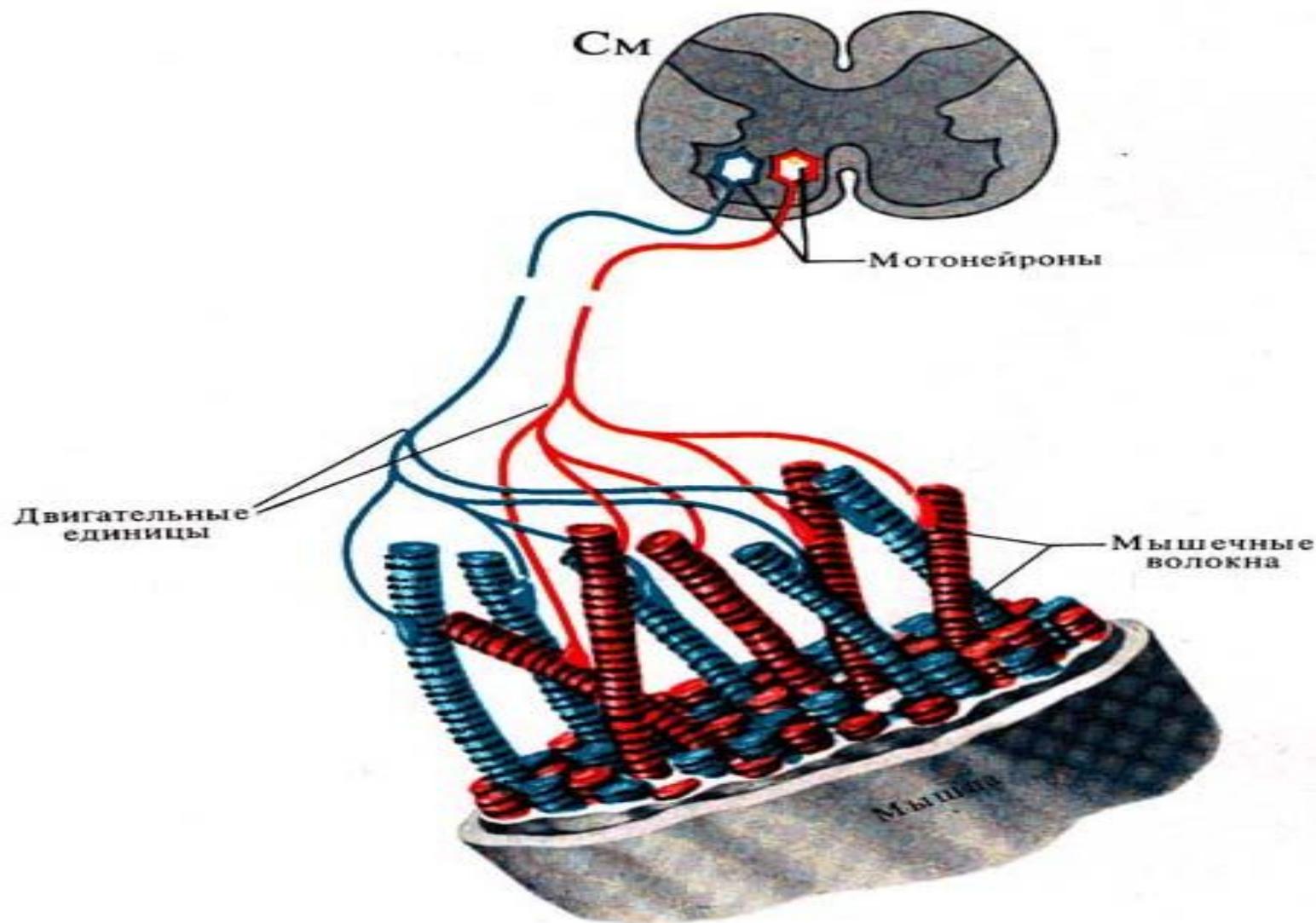
Двигательная или моторная единица

*Каждое мышечное волокно
имеет только один синапс*

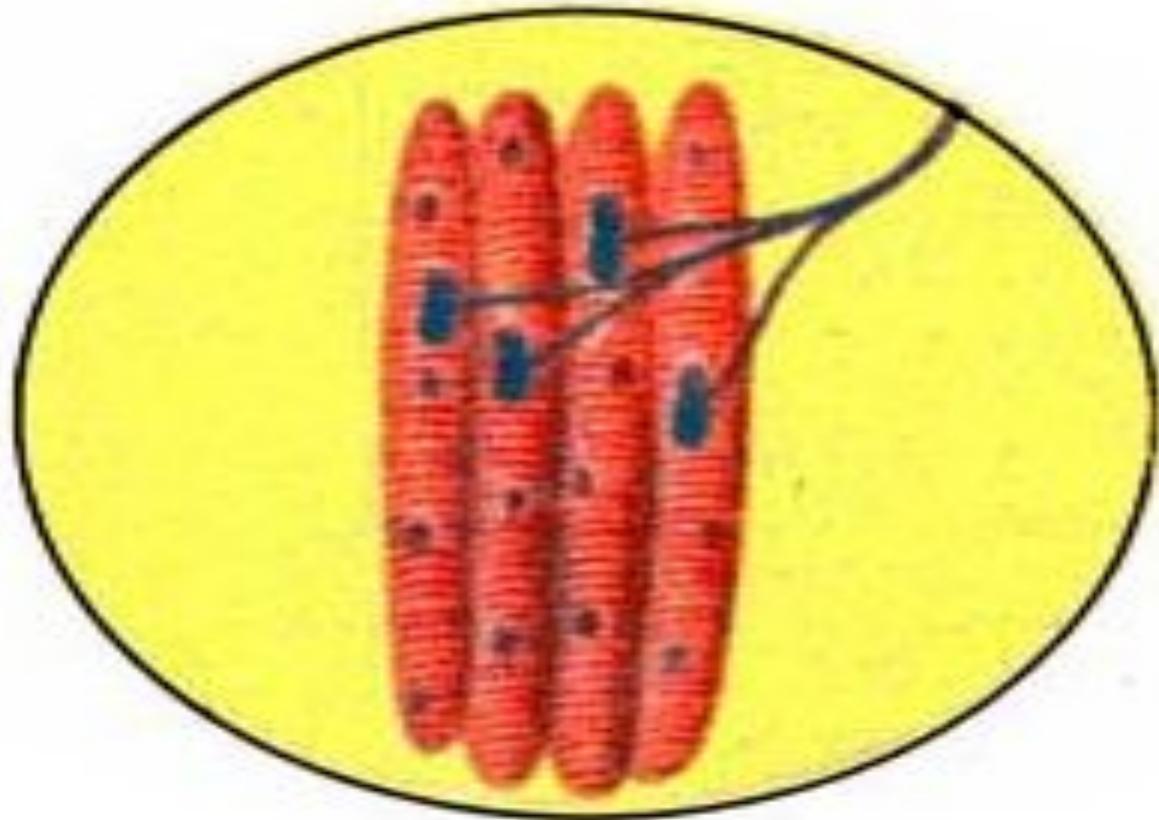
Двигательная или моторная единица

- Мотонейрон и группа мышечных волокон, иннервируемых разветвлениями аксона этого мотонейрона
- Число мышечных волокон в единице зависит от функции, которую выполняет данная мышца (от 10 до 30 000)

Строение двигательной единицы



Распределение синапсов аксона мотонейрона в скелетной мышце



Классификация мышечных ВОЛОКОН

Медленные фазические волокна ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

- большое содержание миоглобина и митохондрий
- красного цвета
- медленно утомляются
- В одной моторной единице их очень много (до 30 000)
- Входят в состав мышц, поддерживающих позу

Быстрые фазические волокна *окислительного* типа

- Содержат много митохондрий
- Способны синтезировать АТФ путем окислительного фосфорилирования
- Выполняют быстрые сокращения
- Утомляются медленно
- В составе моторной единицы меньше, чем медленных

Быстрые фазические с *гликолитическим* типом окисления

- Мало митохондрий
- АТФ образуется за счет гликолиза
- Миоглобина нет (белый цвет)
- Быстро сокращаются и быстро утомляются
- В моторной единице небольшое количество волокон

Тонические волокна

- Двигательный аксон образует множество синапсов
- Медленно сокращаются и медленно расслабляются
- Низкая АТФ-азная активность миозина
- У человека входят в состав наружных мышц глаз

Закон «все или ничего»

- Одиночное мышечное волокно подчиняется этому закону:

Подпороговое раздражение не вызывает сокращение, а пороговое – вызывает максимально возможное сокращение, т. е. амплитуда мышечного сокращения не зависит от силы раздражения

Закон «все или ничего»

- Целая мышца данному закону не подчиняется потому, что состоит из множества моторных единиц, обладающих разным порогом деполяризации

Режимы сокращения

- Изометрический – увеличение напряжения без изменения длины мышцы
- Изотонические – уменьшение длины мышцы без изменения её напряжения
- Смешанный - ауксотонический

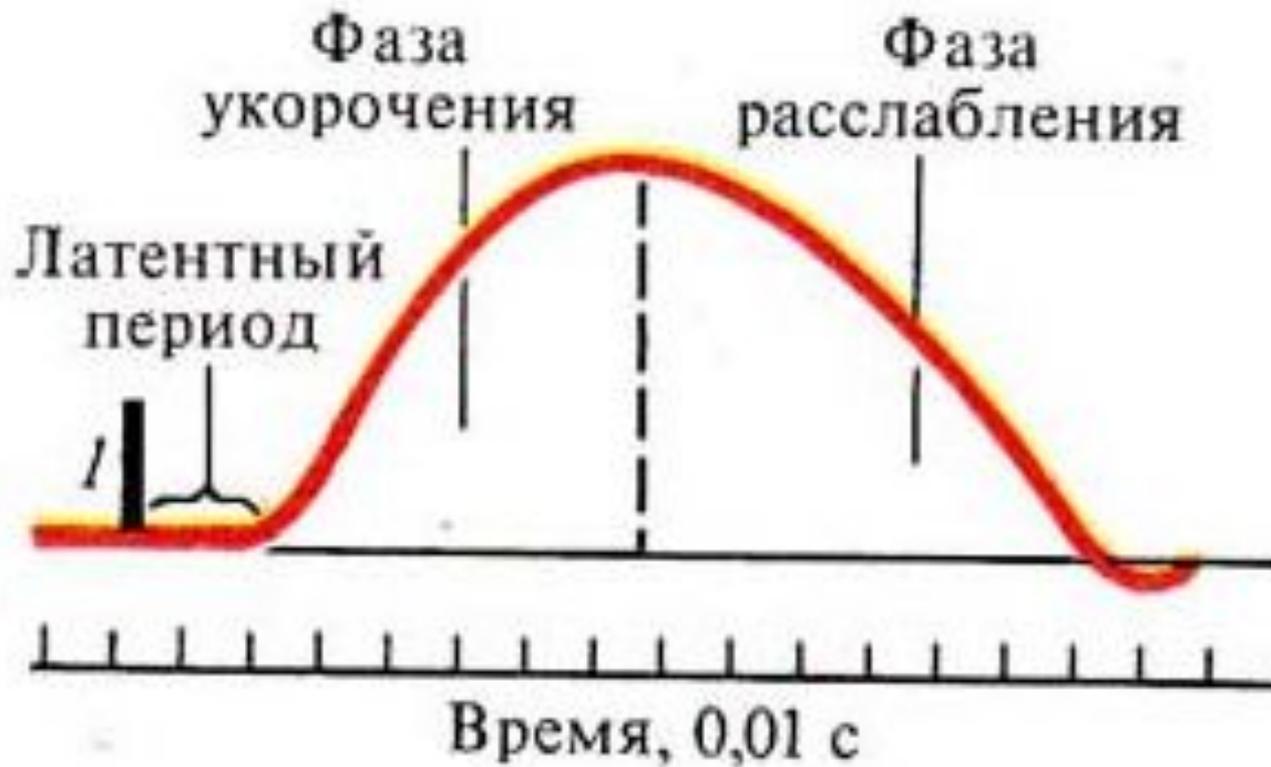
Виды мышечных сокращений

- **Одиночное**
- **Тетанус**
- **Тонус**

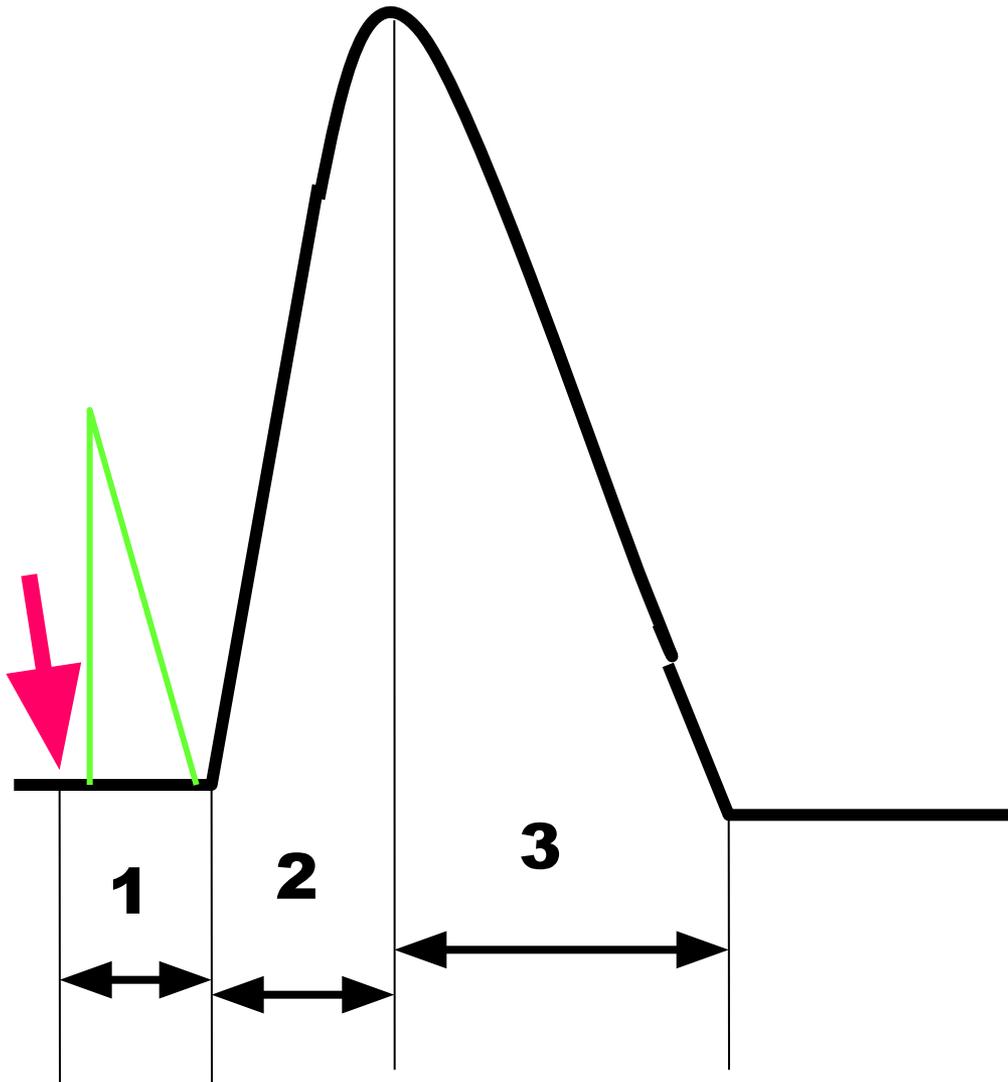
Виды раздражения мышцы в эксперименте

- **Непрямое раздражение** – импульс воздействует на нервное окончание мотонейрона
- **Прямое раздражение** – импульс воздействует непосредственно на мышцу

Одиночное мышечное сокращение



Одиночное мышечное сокращение



1 – латентный период

2 – период напряжения

3 – период расслабления

Тетанус

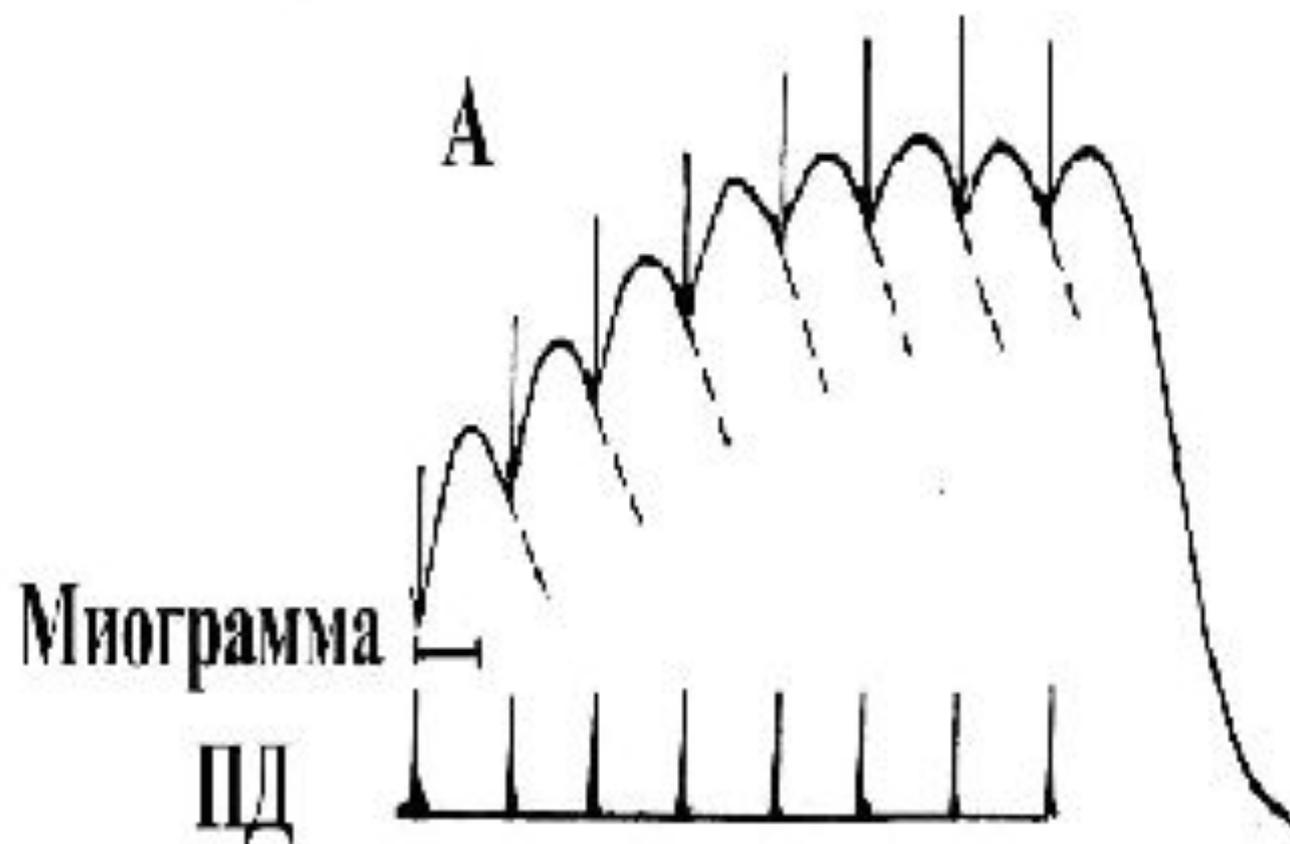
- Это сильное и длительное сокращение мышцы в ответ на серию раздражений.
- Происходит за счет суммации одиночных сокращения в следствии увеличения концентрации кальция в цитоплазме

Суммация одиночных сокращений



Зубчатый тетанус

- **Возникает в условиях когда каждый последующий импульс попадает в период расслабления**
- *или интервал между импульсами меньше чем длительность одиночного сокращения, но больше чем период укорочения*

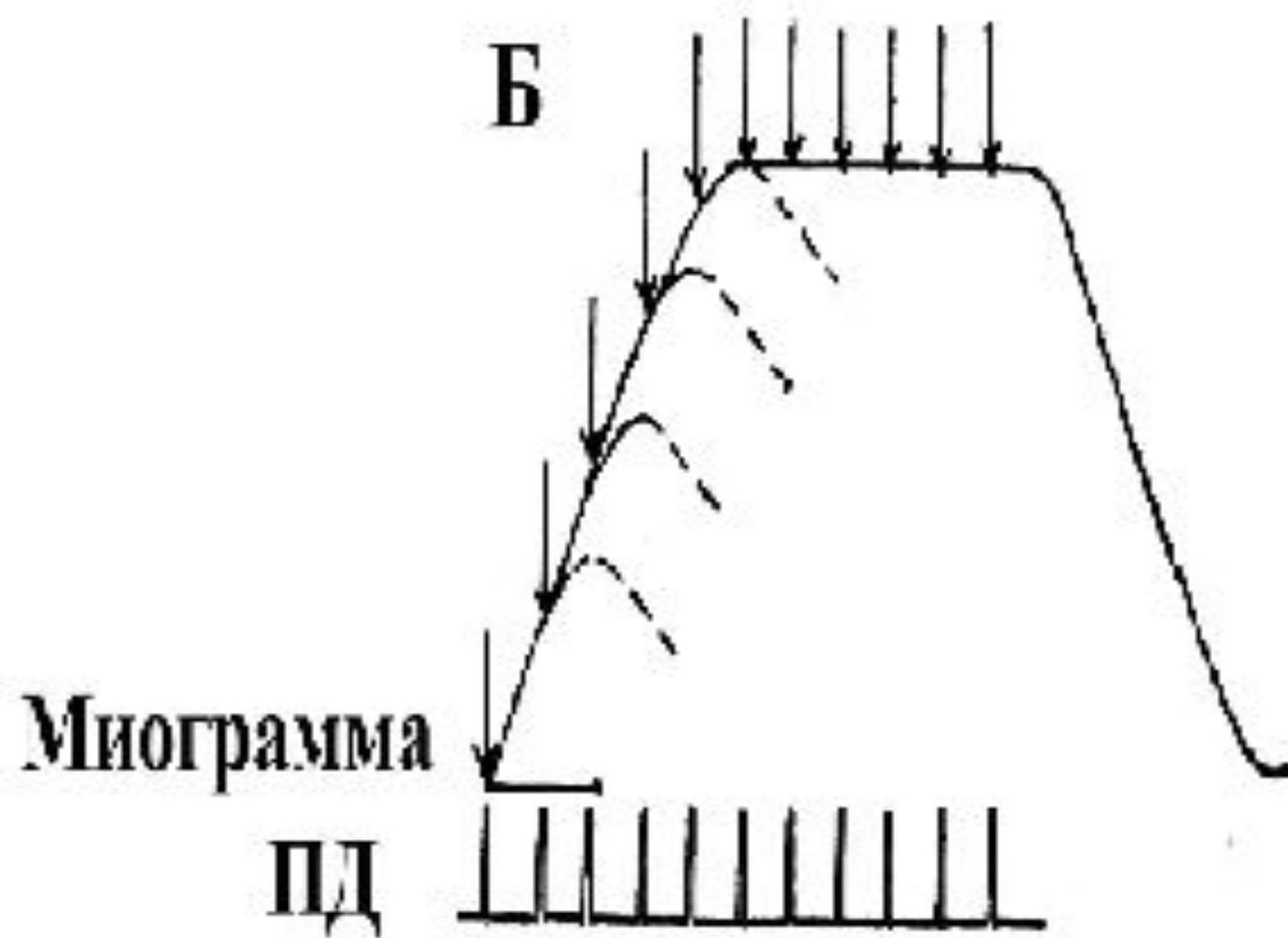




Зубчатый тетанус

Гладкий тетанус

- **Возникает в условиях когда каждый последующий импульс попадает в период укорочения**
- *Или интервал между импульсами меньше чем длительность периода укорочения, но больше чем латентный период .*





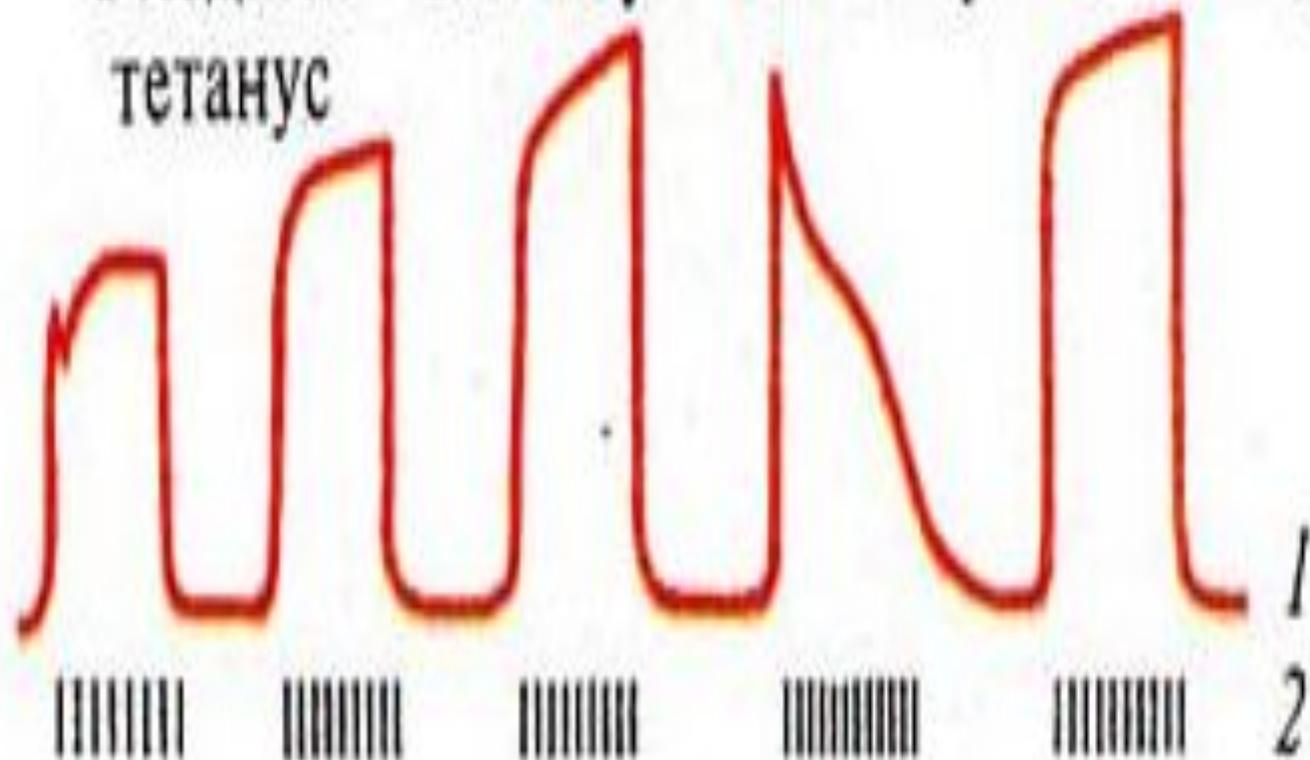
ОПТИМУМ

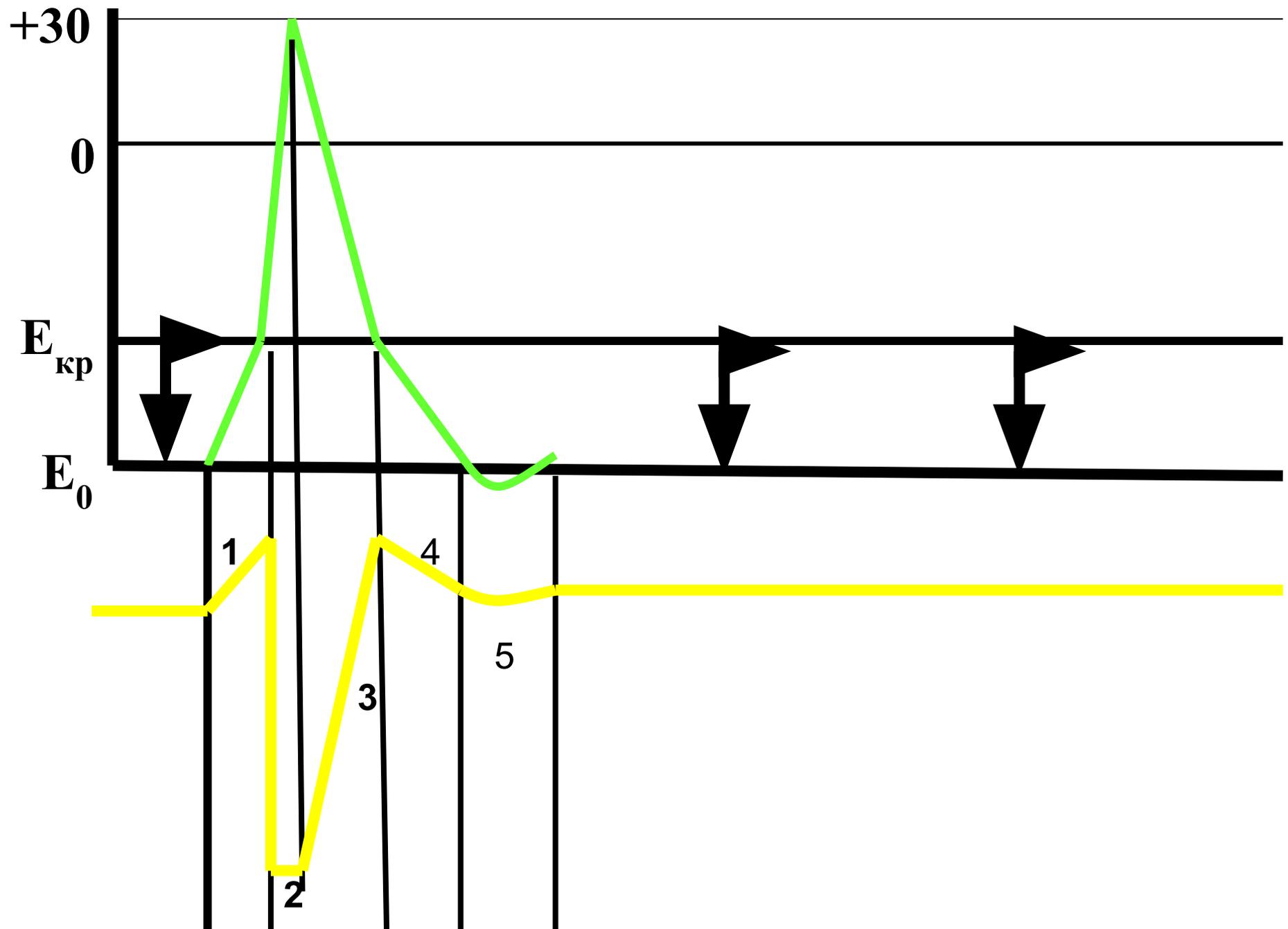
- Частота раздражения, при которой наблюдается суммарное сокращение (тетанус) наибольшей амплитуды
- При этом каждый последующий импульс попадает в период супернормальности, т.е. сразу после ПД
- Это приводит к тому, что в цитоплазме поддерживается наибольшая концентрация кальция (насос не успевает включиться)

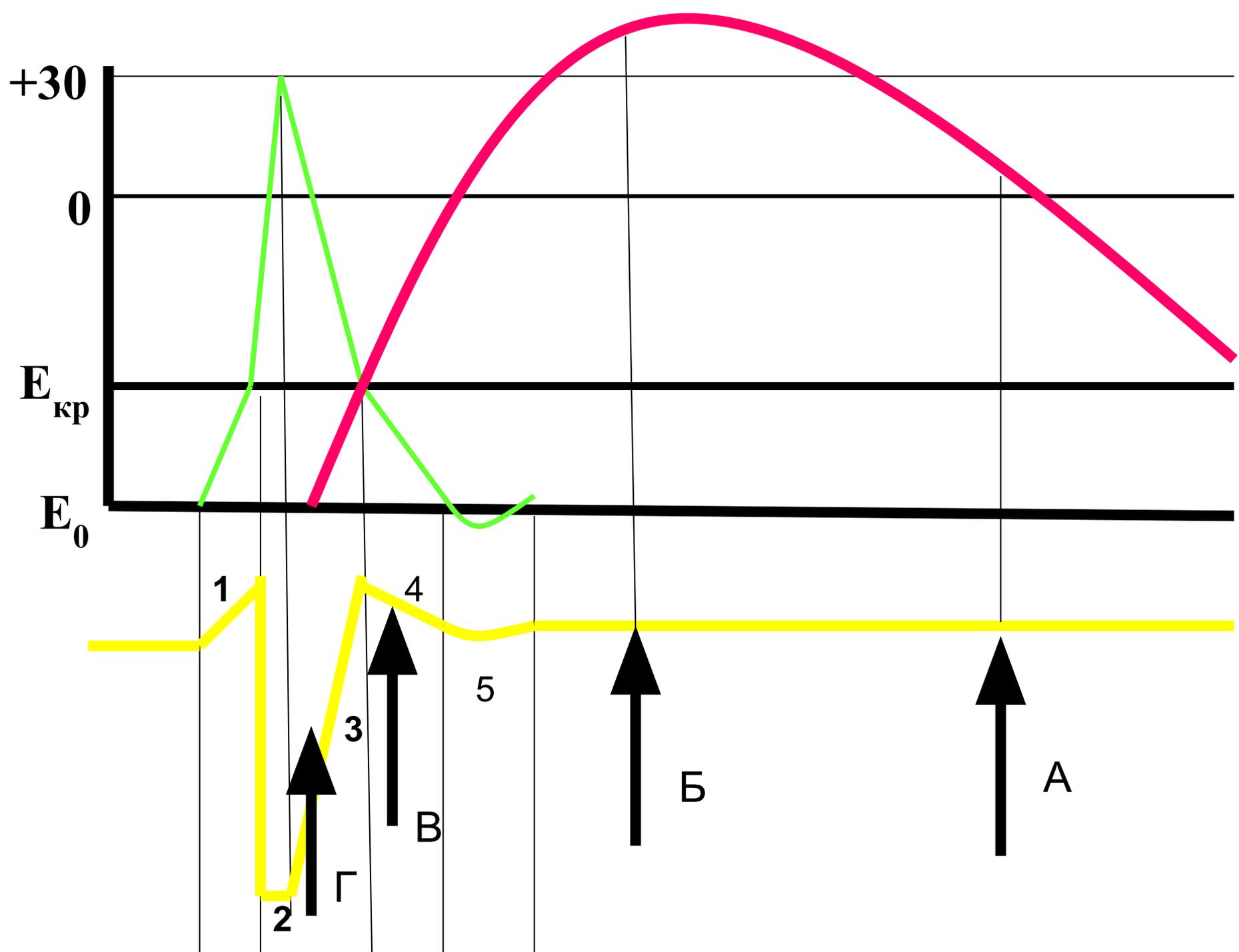
пессимум

- Частота раздражения, при которой не наблюдается суммации сокращения
- При этом каждый последующий импульс попадает в период рефрактерности (в период развития ПД)
- В результате на мембране все каналы для натрия остаются инактивированными и невозможно возникновение нового ПД

Гладкий тетанус Оптимум Пессимум Оптимум

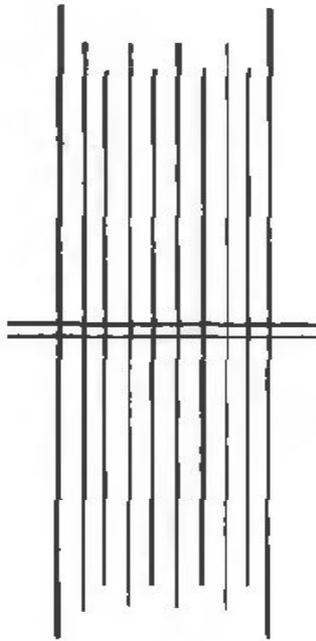




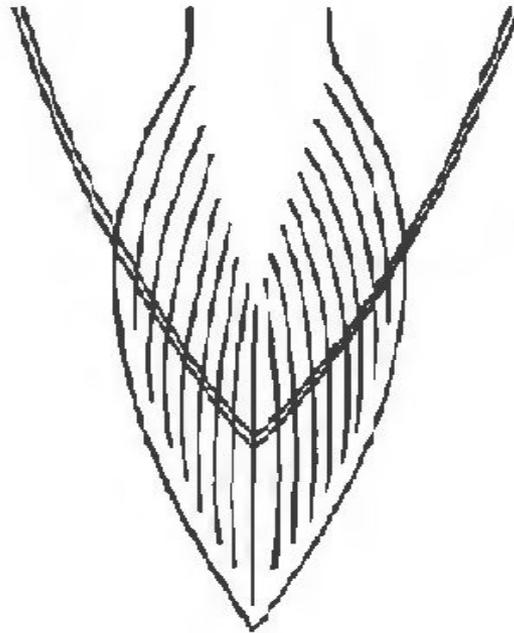


Сила мышц

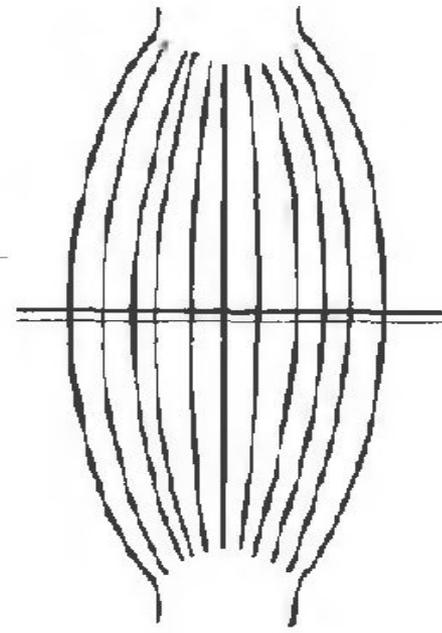
- Зависит от толщины мышцы и её поперечного физиологического сечения



А



Б



В

Работа мышцы

- Это энергия, затрачиваемая на перемещение тела с определенной силой на определенное расстояние:

$$A = F \times S$$

Если $F=0$, то и работа $A=0$

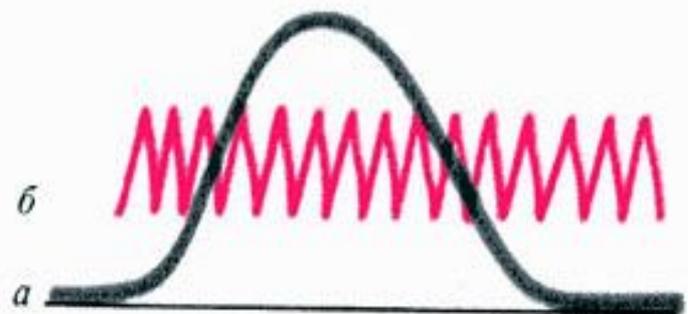
Если $S=0$, то и работа $A=0$

- **Максимальная работа совершается при средних нагрузках**

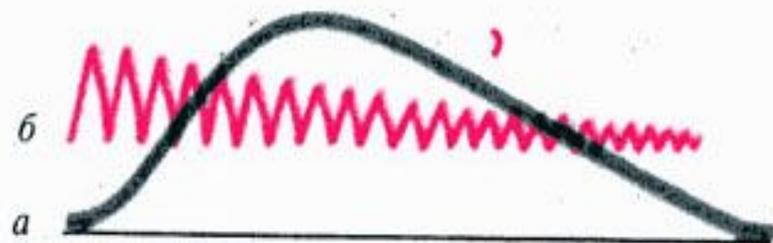
$$A_{\max} = F_{\text{ср}} \times S_{\max}$$

утомление

- Процесс временного снижения работоспособности мышцы.
- Возникает в связи с уменьшением энергетических запасов (АТФ) в мышечном волокне или уменьшением медиатора в нервно-мышечном синапсе
- *В нервно-мышечном препарате утомление раньше развивается в синапсе!*

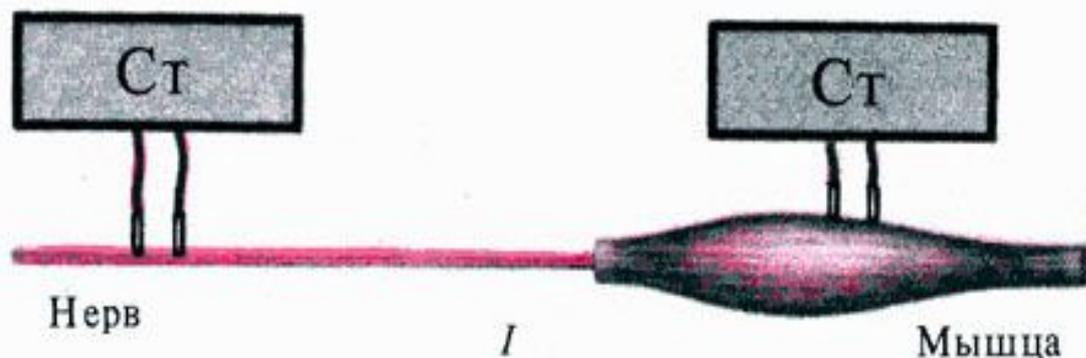


Неутомленная
мышца



Утомленная
мышца

A



Б



II

Примечание. Опыт показывает локализацию утомления в мионевральном синапсе.

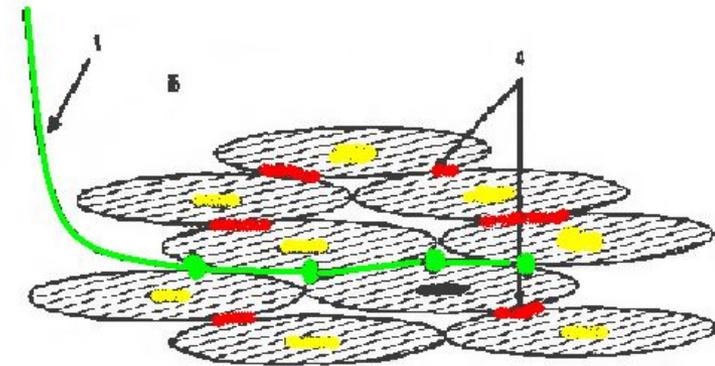
Утомление в организме

- Утомление развивается вначале в нервных центрах – это защитный механизм
- При этом в мышцах остается «аварийный» запас энергии
- Доказательство – опыты Сеченова И.М. с активным отдыхом

Гладкие мышцы

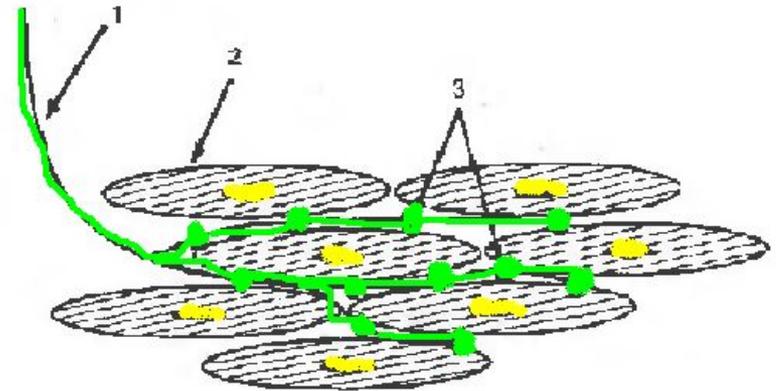
Висцеральные гладкие мышцы

- Все внутренние органы
- Большое количество нексусов (красные)
- Мало нервных окончаний (зеленые)

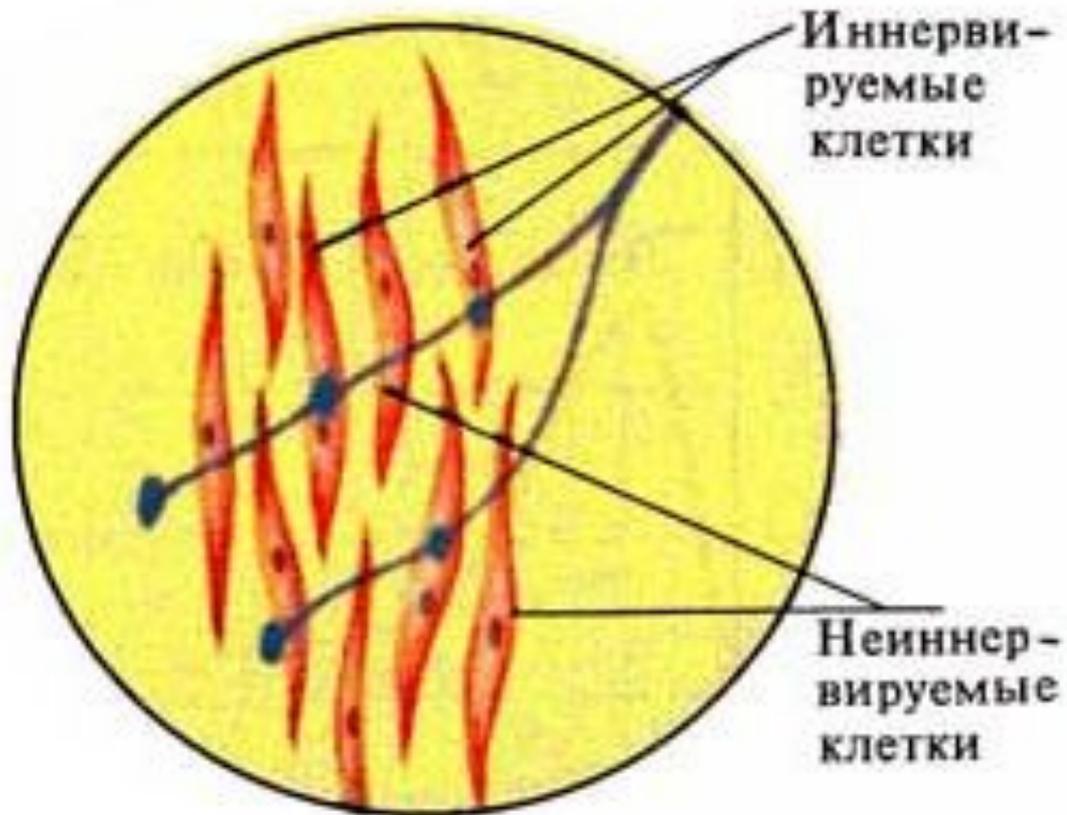


Мультиунитарные гладкие мышцы

- Представлены ресничной и мышцей радужки глаза
- Отмечается большая плотность нервных синаптических (варикозных) контактов (зеленый цвет)



Иннервация ГМК



Особенности ГМК

- Веретенообразные клетки, тесно прилежат друг к другу
- Между клетками – плотные контакты – нексусы
- Актин и миозин расположены неупорядоченно
- СПР развит меньше, чем в скелетных

Иннервация ГМК

- Иннервируют симпатические и парасимпатические нервные волокна
- Нет синапсов, нервные окончания образуют варикозные расширения
- Медиатор выделяется в межтканевую жидкость
- Возбуждается 1 клетка и передает ПД по нексам (электрические синапсы)
- Вся мышца сокращается одновременно (функциональный синцитий)

Адекватные раздражители

- Нервный импульс
- Механическое растяжение
- Химические вещества

Особенности возбудимости

- Порог возбудимости ниже, чем у поперечно-полосатых мышц
- Мембрана более проницаема для натрия, поэтому МП меньше (-50, -60 мв)
- Амплитуда ПД ниже, а длительность больше
- Деполяризация открывает потенциал-зависимые кальциевые каналы, вход кальция замедляет реполяризацию

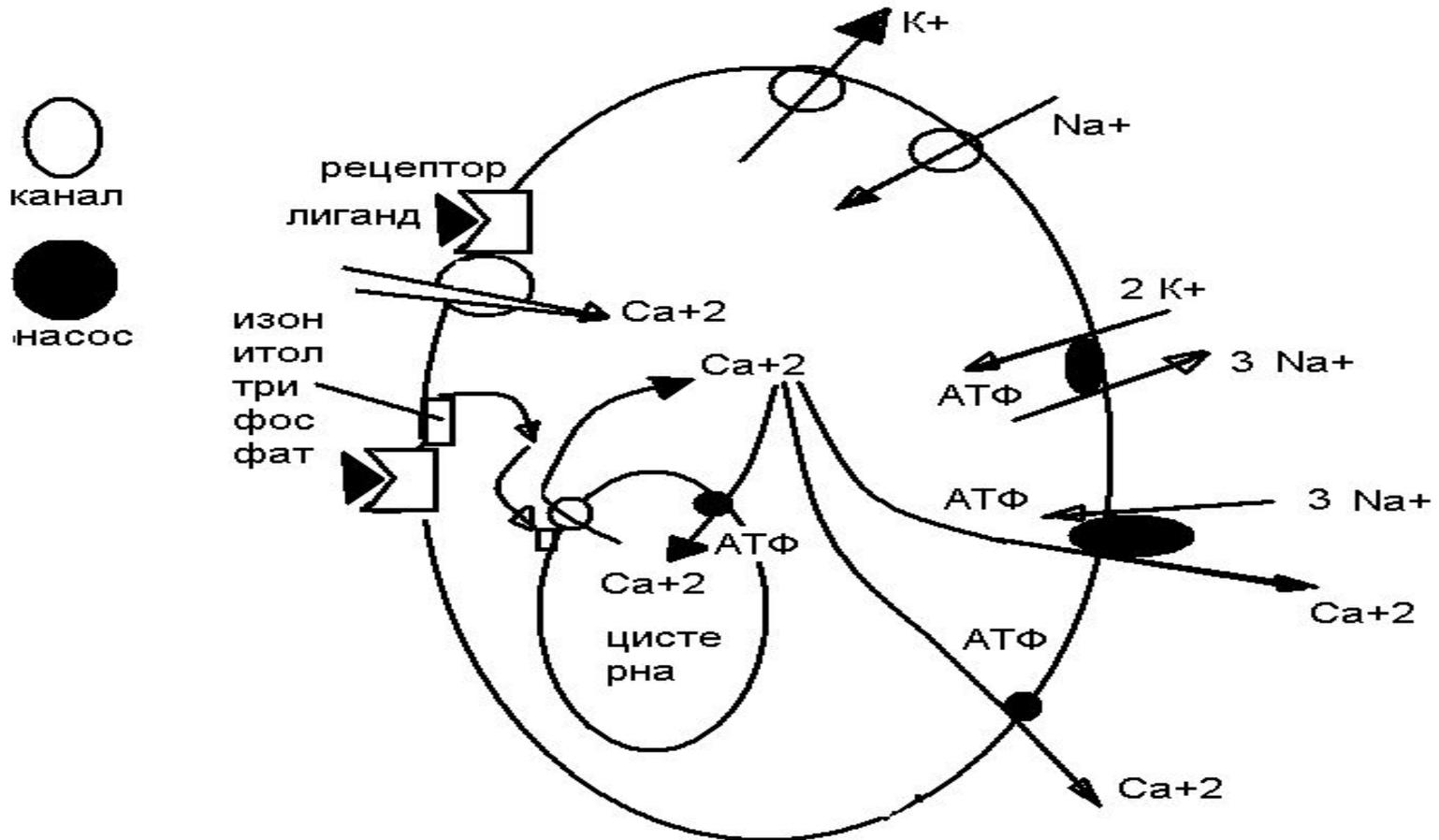
Автоматия

- Способность клетки самостоятельно без внешнего раздражителя генерировать ПД
- *ГМК в состоянии покоя пропускает натрий, который медленно деполяризует клетку до критического уровня и возникает ПД*

Электрохимическое сопряжение в ГМК

- ПД открывает кальциевые каналы и в клетку входит кальций.
- Лиганд - активирует фосфолипазу C на мембране клетки – активация инозитолтрифосфата и диацилглицерола.
- инозитолтрифосфат освобождает из цистерн кальций и он инициирует сокращение

Механизм регуляции содержания кальция в ГМК



Особенности механизма сокращения в ГМК

- Кальций в цитоплазме связывается с кальмодулином и активирует протеинкиназу .
- Протеинкиназа фосфорилирует головку миозина
- Образуются мостики между миозином и актином
- Уменьшение концентрации кальция в миоплазме вызывает дефосфорилирование головки миозина – мостики распадаются
- Мышца расслабляется

Спасибо за внимание!