

Физиология мышечных сокращений

Скелетные – поперечнополосатые М. бывают:
анатомически *физиологически*

- короткие, фазные
- длинные, тонические
- широкие, быстрые (белые)
- циркулярные, медленные (красные)
- параллельные, интрофузальные
- перистые, экстрофузальные;
- веретенообразные;

КПД мышц около 50%; двигателя внутреннего сгорания 35; паровой машины 20%.

Скелетные мышцы также сравнивают с моторами

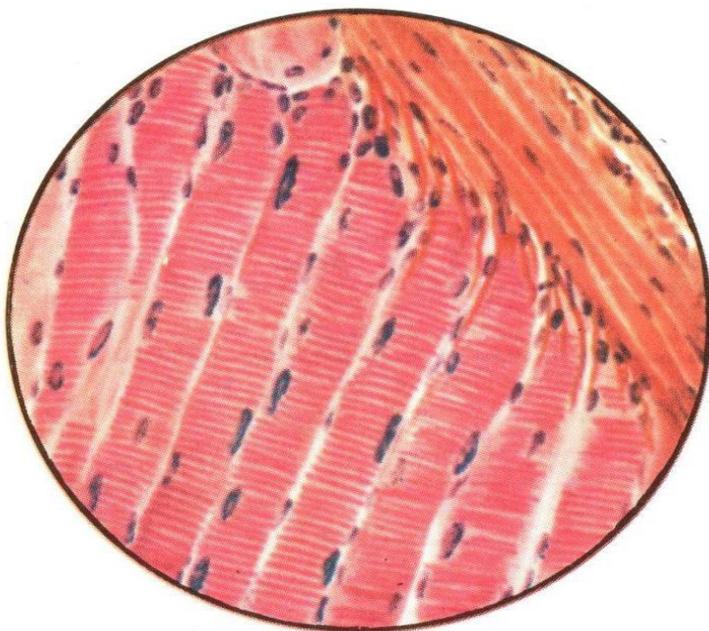
М. обладают свойствами:

Физические

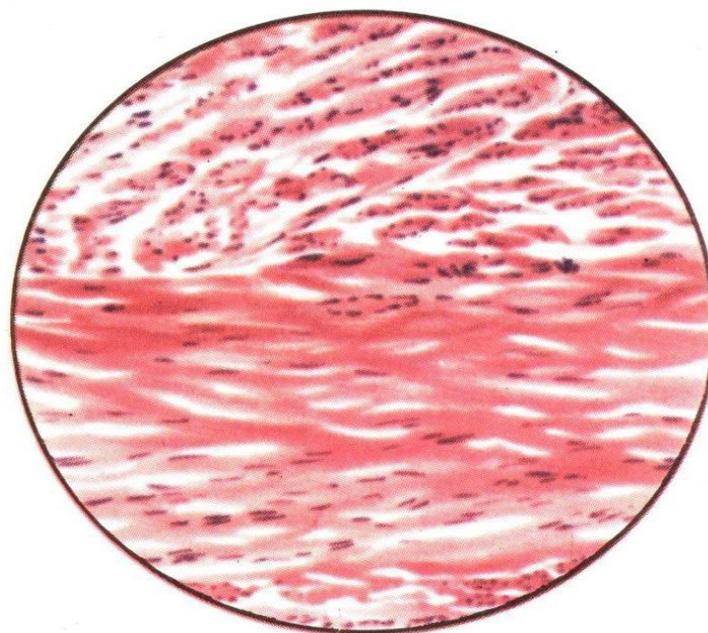
1. Растяжимость
2. Напряжение
3. Эластичность
4. Пластичность

Физиологические

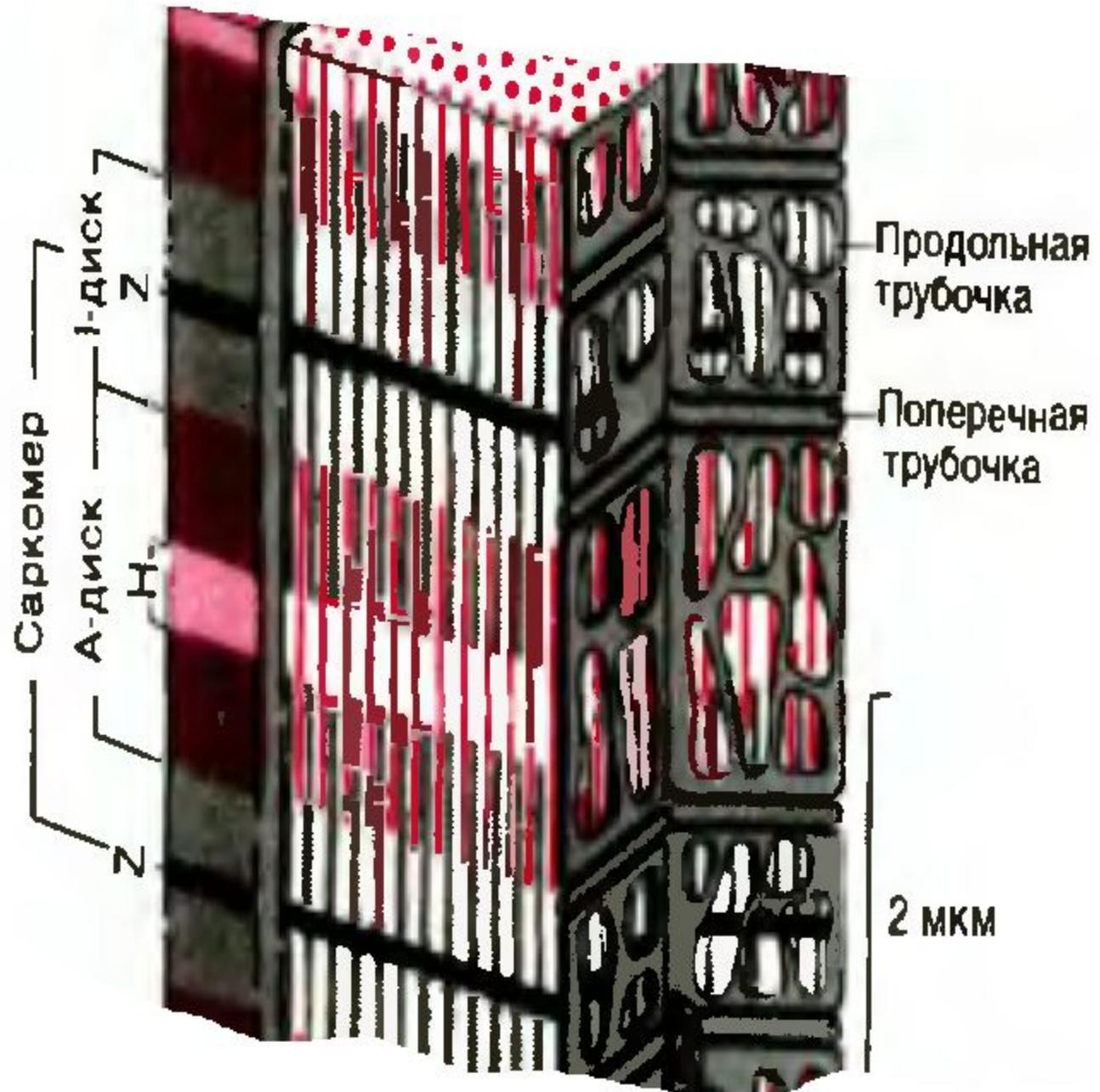
1. Возбудимость
2. Проводимость
3. Сократимость
4. Рефрактерность

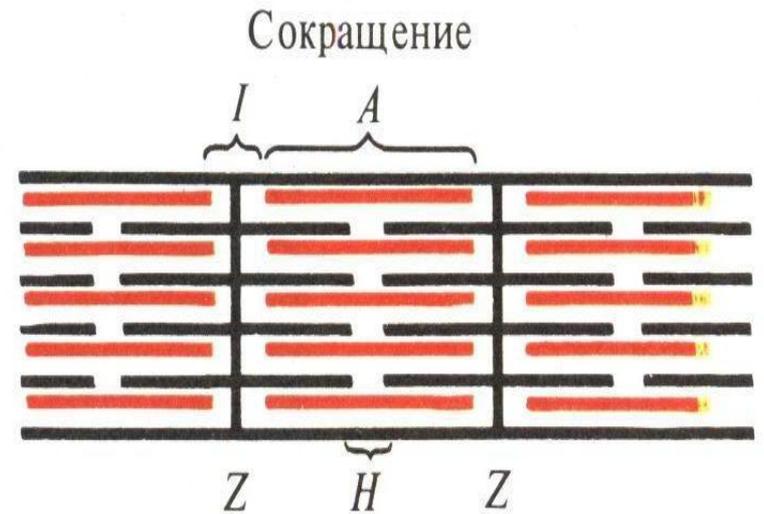
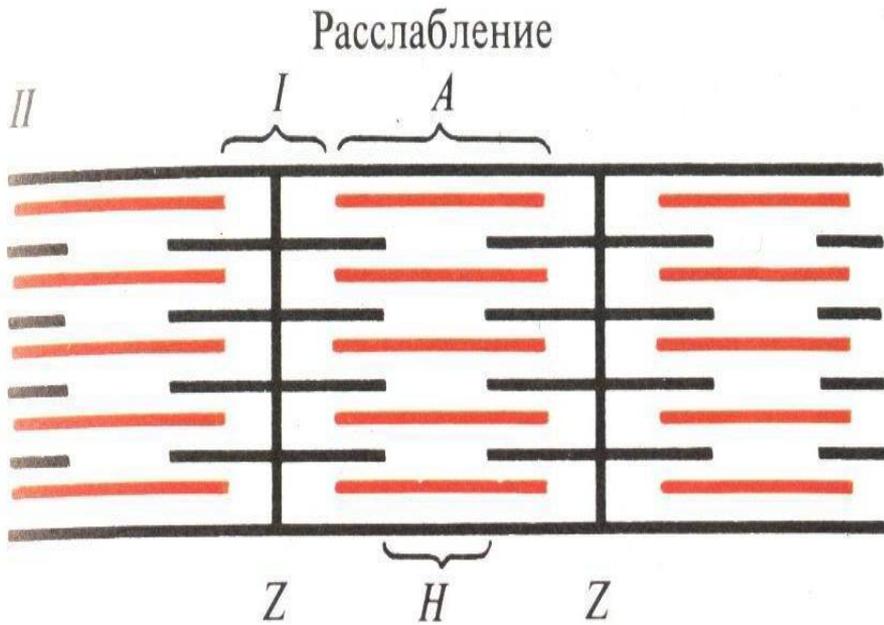
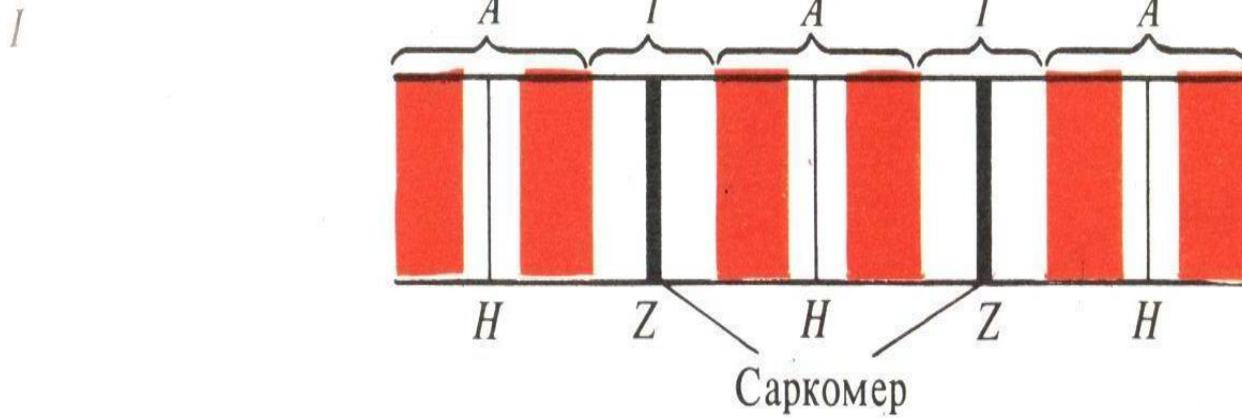


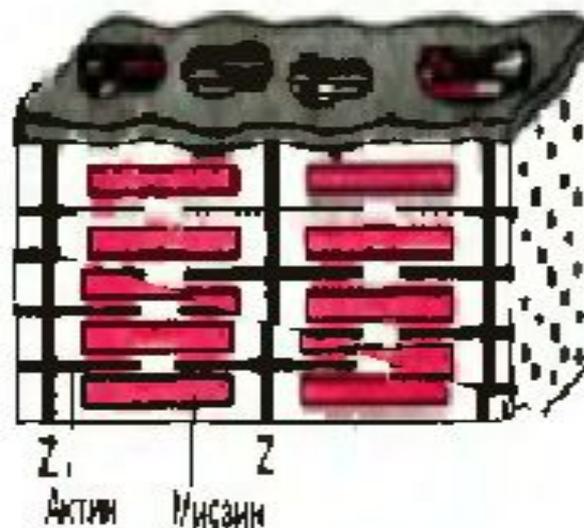
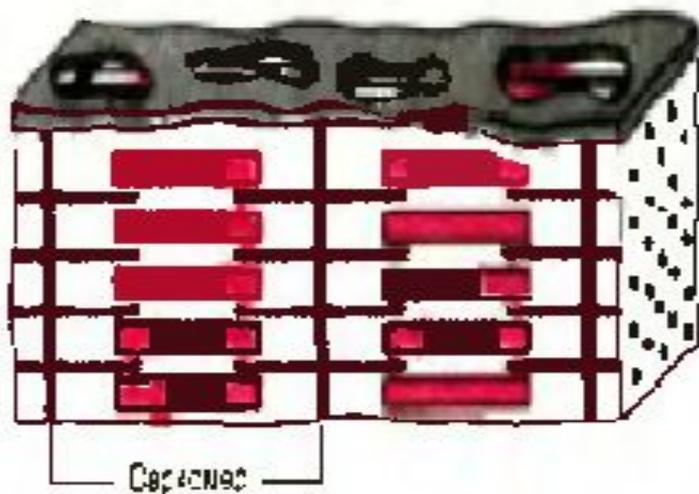
Скелетные мышцы



Гладкие мышцы





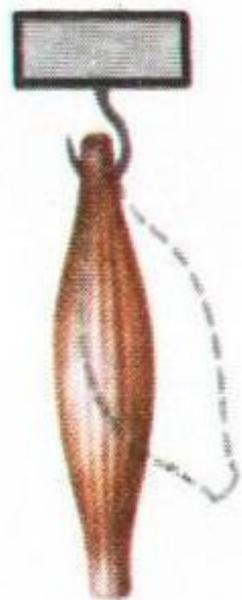


**Саркомер в
расслабленном
состоянии**

**Саркомер в
состоянии
сокращения**

М. сокращения бывают:

1. Изотонические
 - Изометрические
 - Ауксотонические
2. Концентрические
 - Эксцентрические
3. Контрактура
 - Обратимая
 - Необратимая
4. Одиночное, тетаническое
5. Фазные, тонические
6. Быстрые, медленные



Изотонический
режим

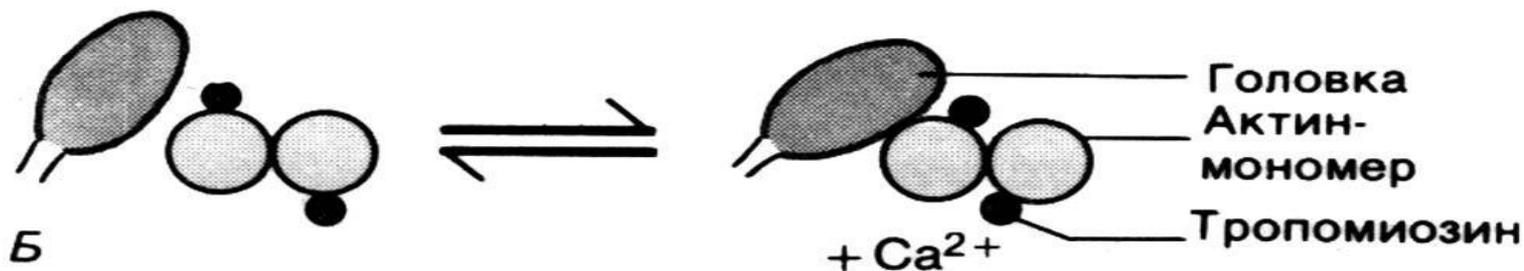
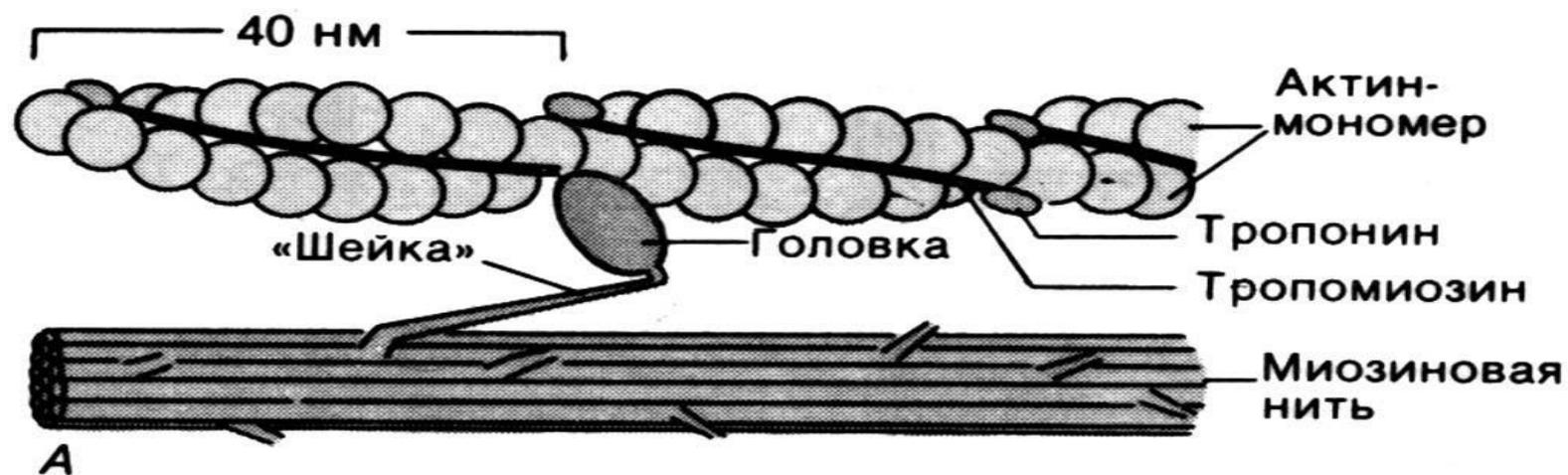


Изометрический
режим



Смешанный
режим

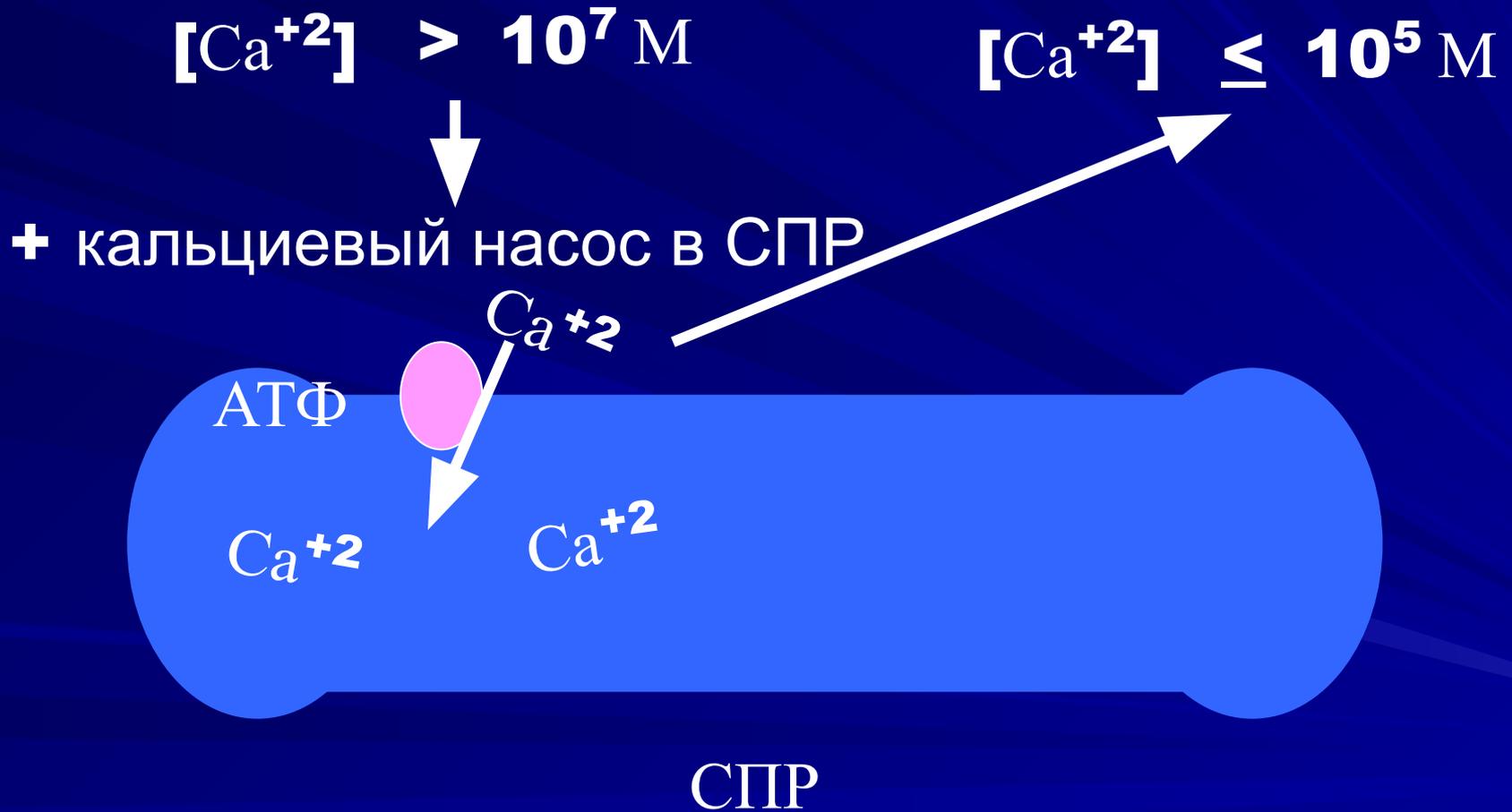
АКТИНО-МИОЗИНОВЫЕ МОСТИКИ

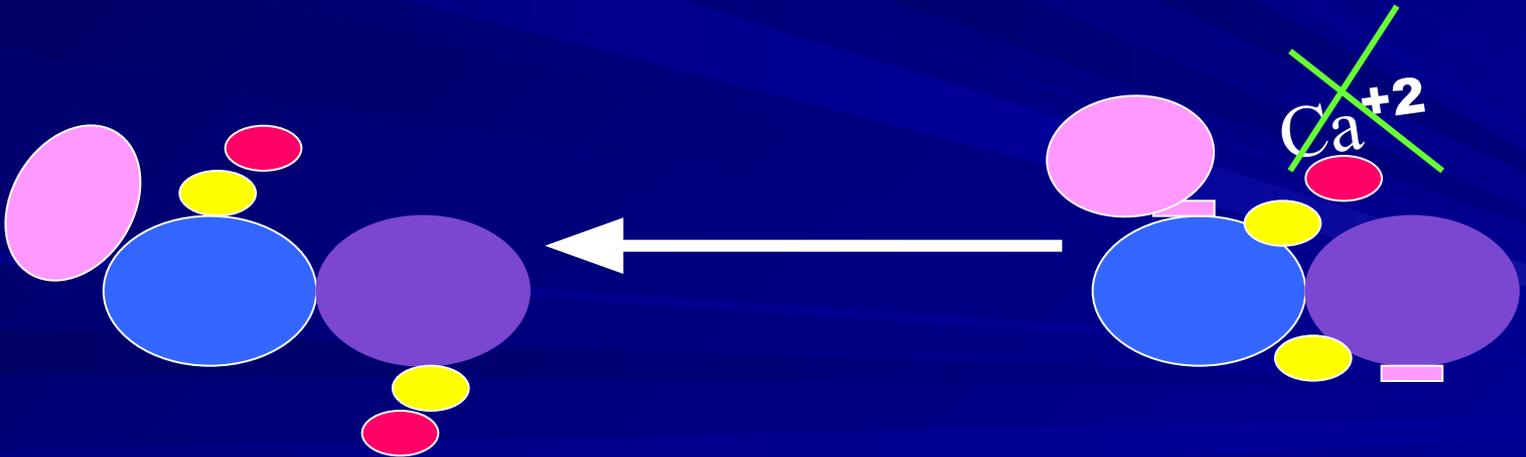
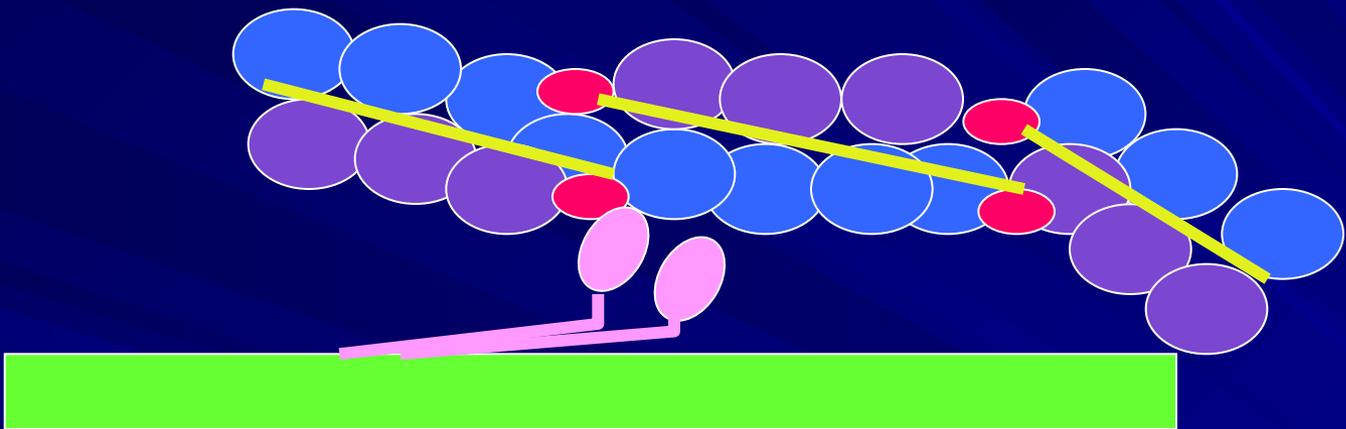


- ***Чем выше концентрация кальция в цитоплазме, тем больше мостиков образуется и сильнее будет сокращение***

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

Механизм расслабления мышцы





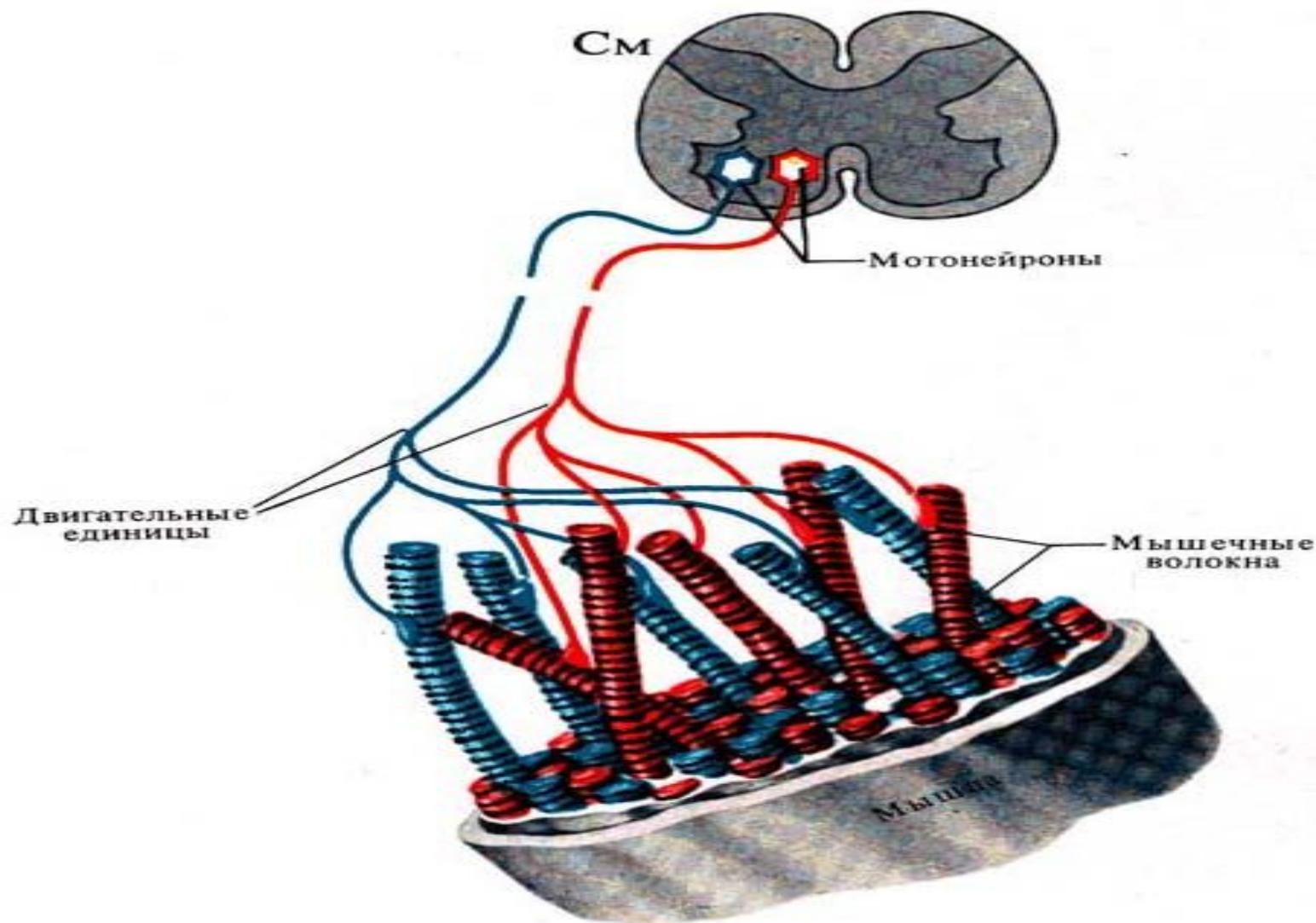
Затраты энергии АТФ во время мышечного сокращения

- 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!**

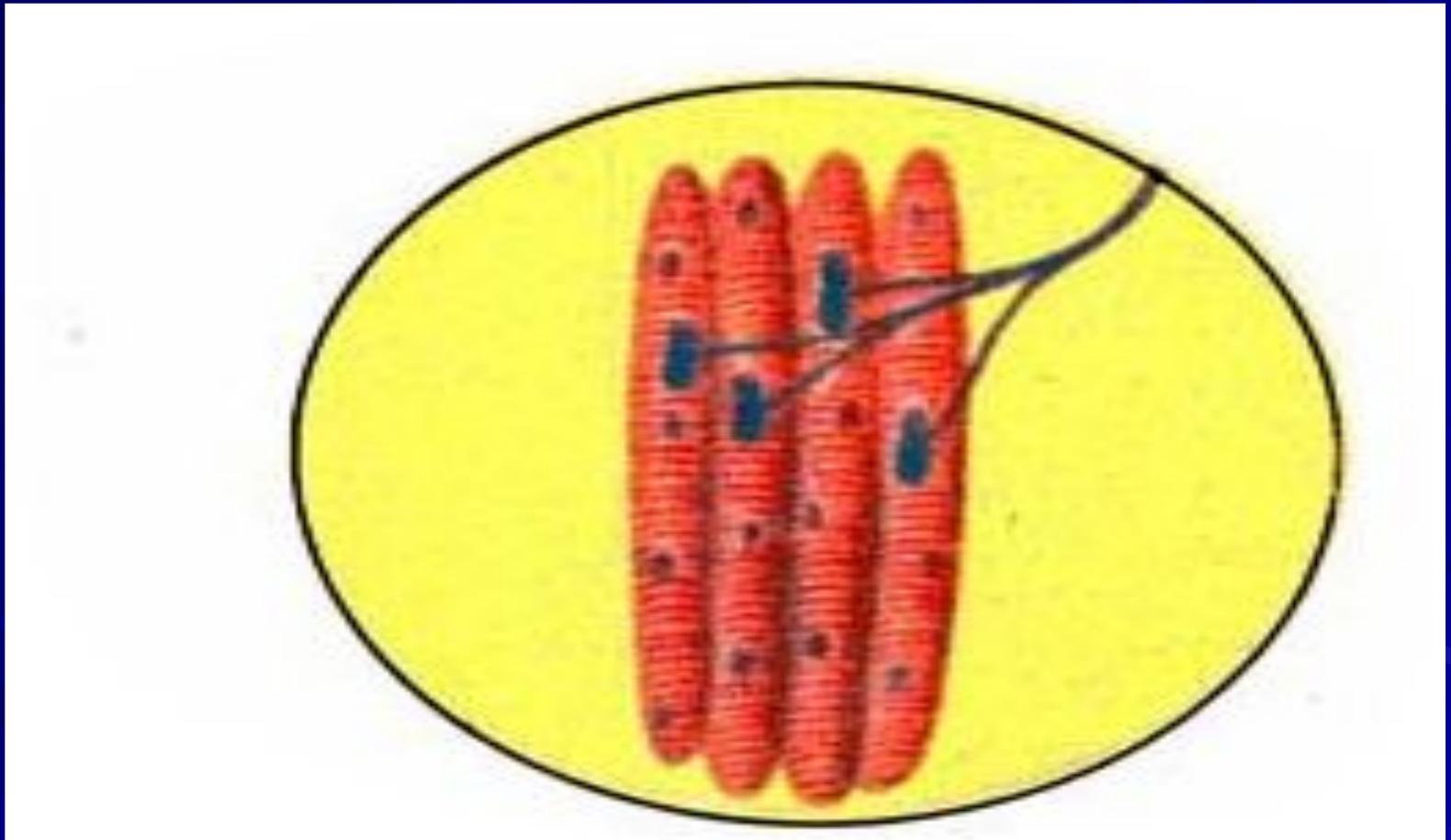
Двигательная или моторная единица

- 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.о. 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

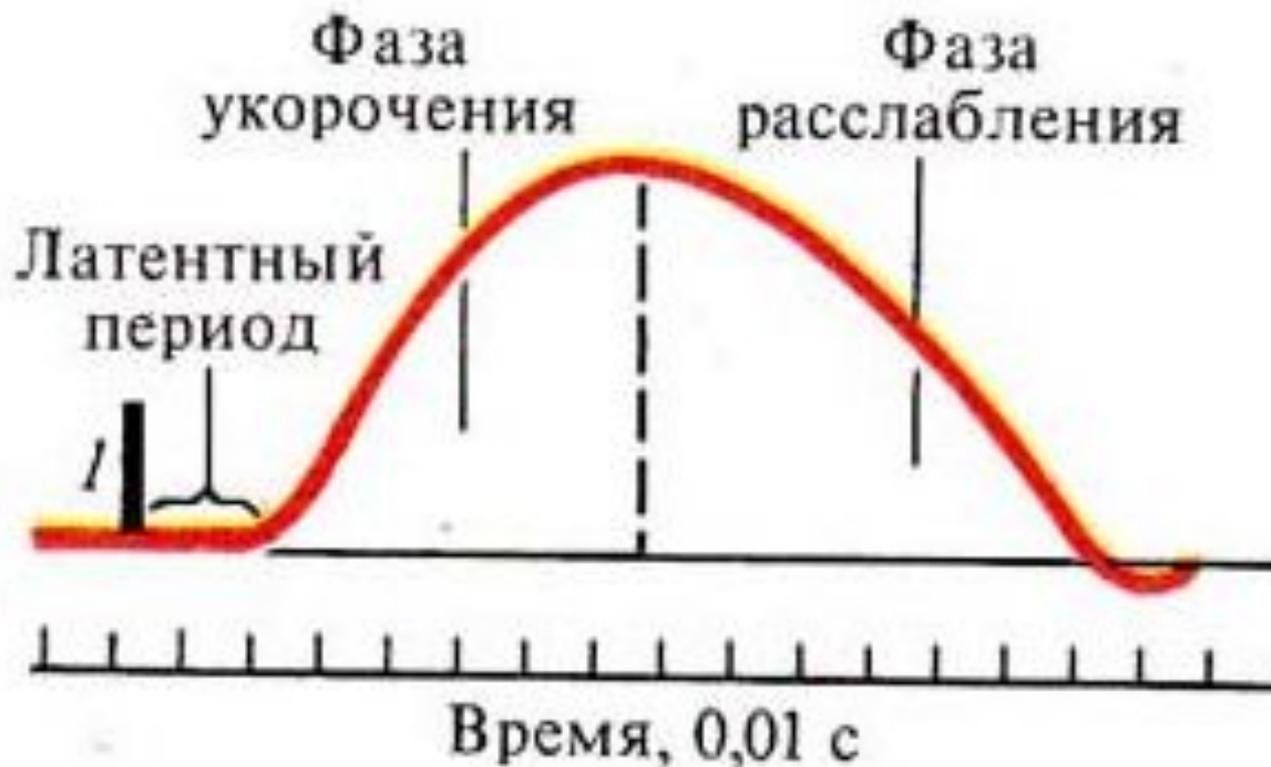
Виды мышечных сокращений

- **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

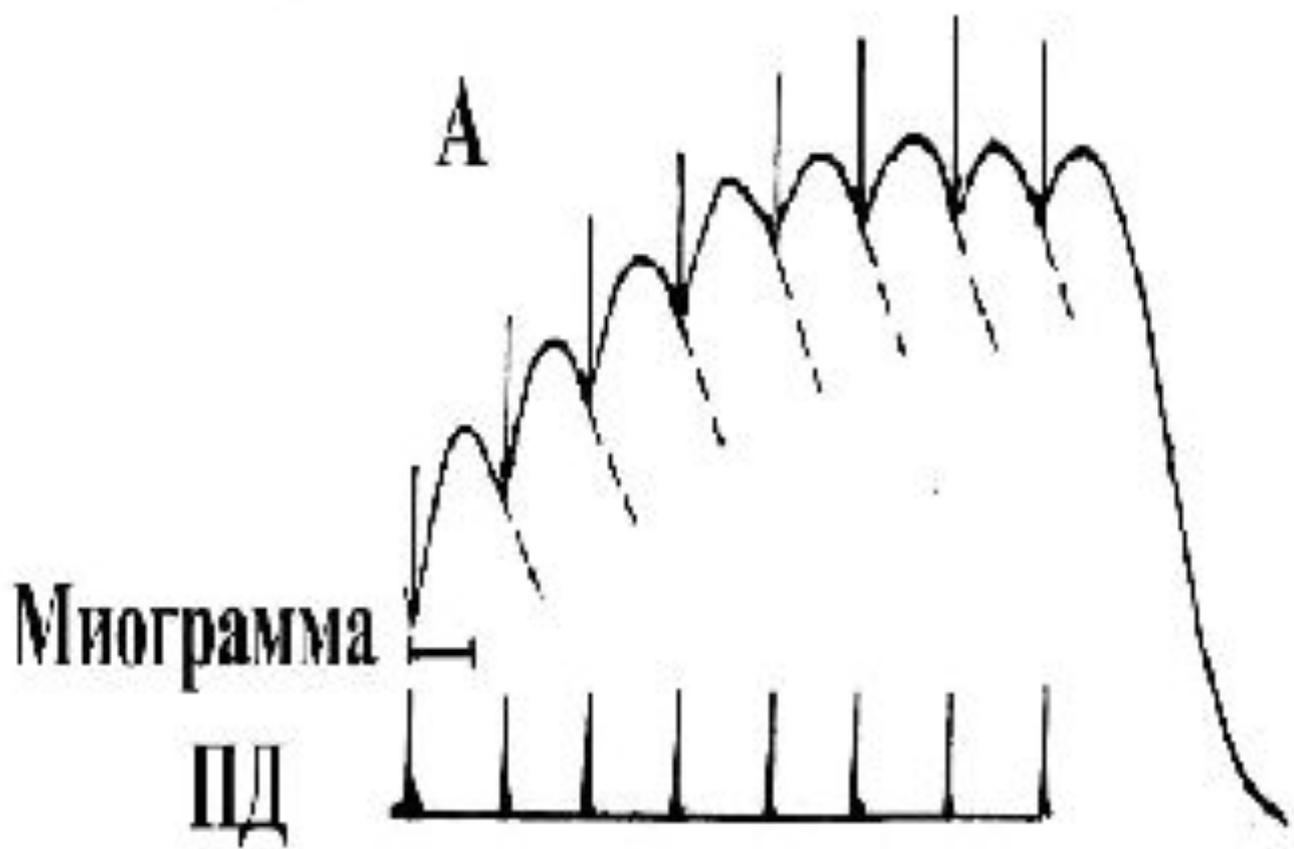
- Это сильное и длительное сокращение мышцы в ответ на серию раздражений.
- Происходит за счет суммации одиночных сокращения в следствии увеличения концентрации кальция в цитоплазме

Суммация одиночных сокращений



Зубчатый тетанус

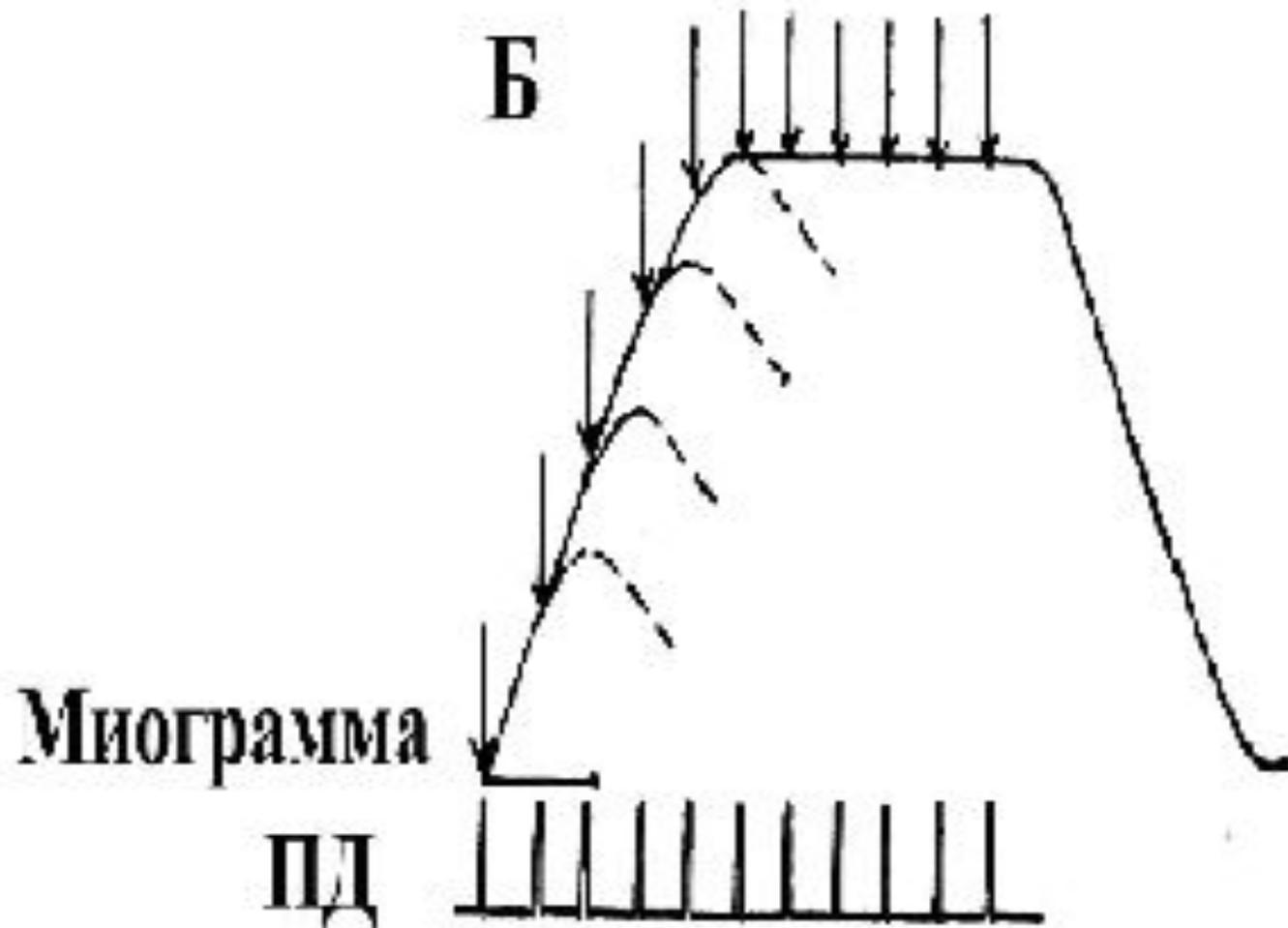
- Возникает в условиях когда каждый последующий импульс попадает в период расслабления
- *или интервал между импульсами меньше чем длительность одиночного сокращения, но больше чем период укорочения*





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 .*





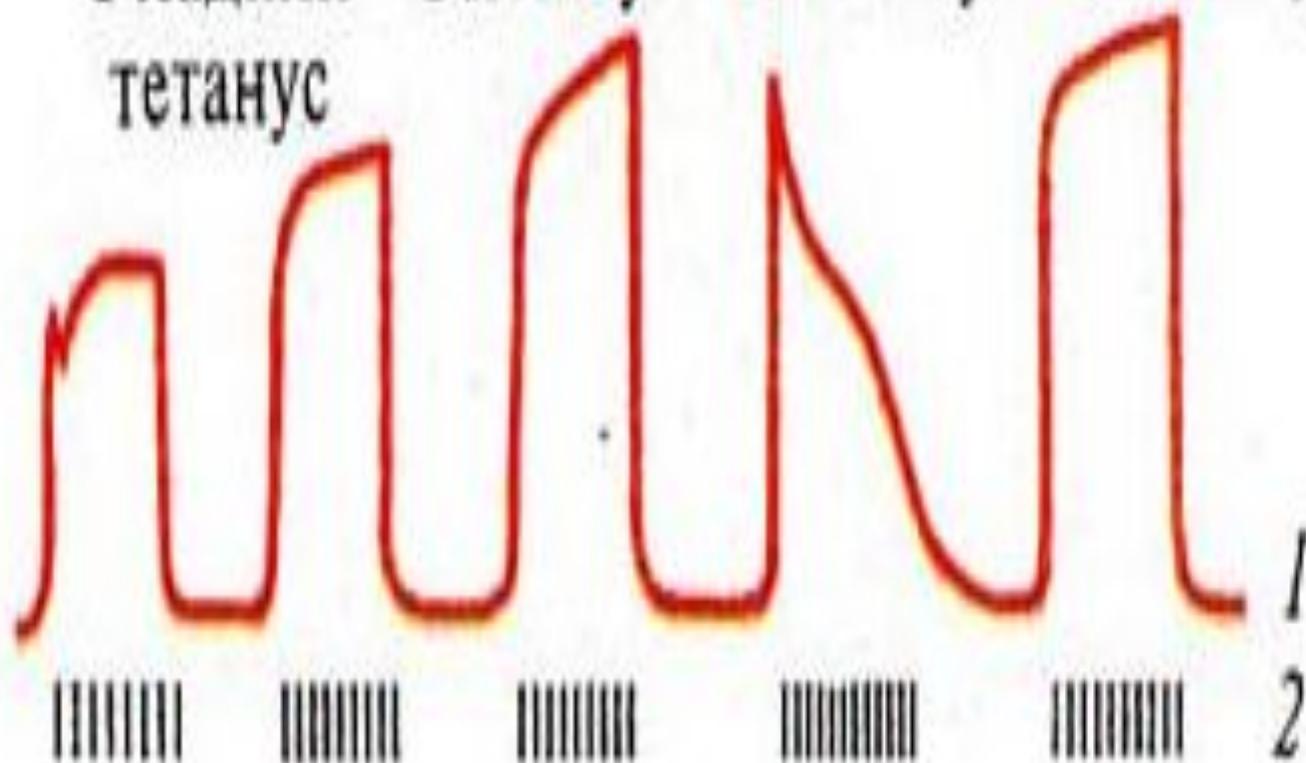
ОПТИМУМ

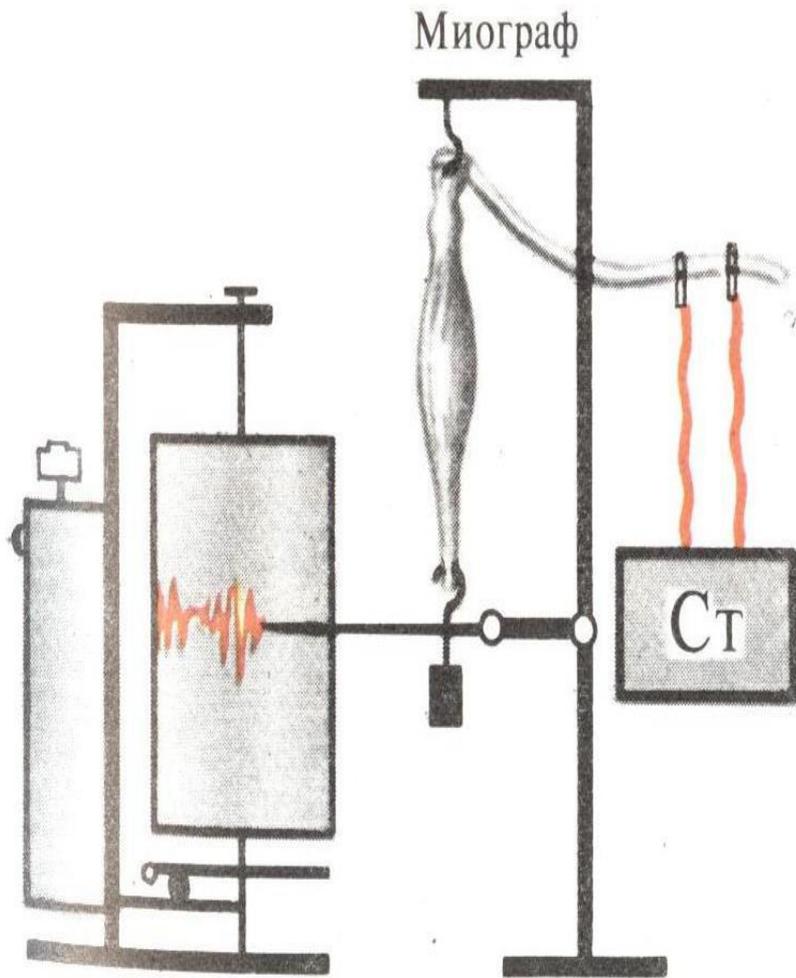
- Частота раздражения, при которой наблюдается суммарное сокращение (тетанус) наибольшей амплитуды
- При этом каждый последующий импульс попадает в период супернормальности, т.е. сразу после ПД
- Это приводит к тому, что в цитоплазме поддерживается наибольшая концентрация кальция (насос не успевает включиться)

пессимум

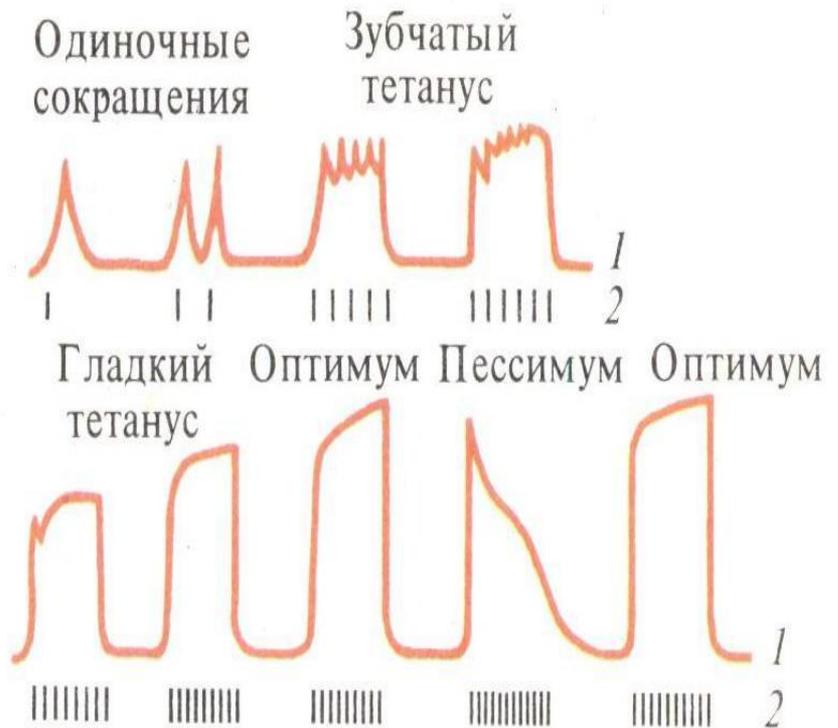
- Частота раздражения, при которой не наблюдается суммации сокращения
- При этом каждый последующий импульс попадает в период рефрактерности (в период развития ПД)
- В результате на мембране все каналы для натрия остаются инактивированными и невозможно возникновение нового ПД

Гладкий тетанус Оптимум Пессимум Оптимум



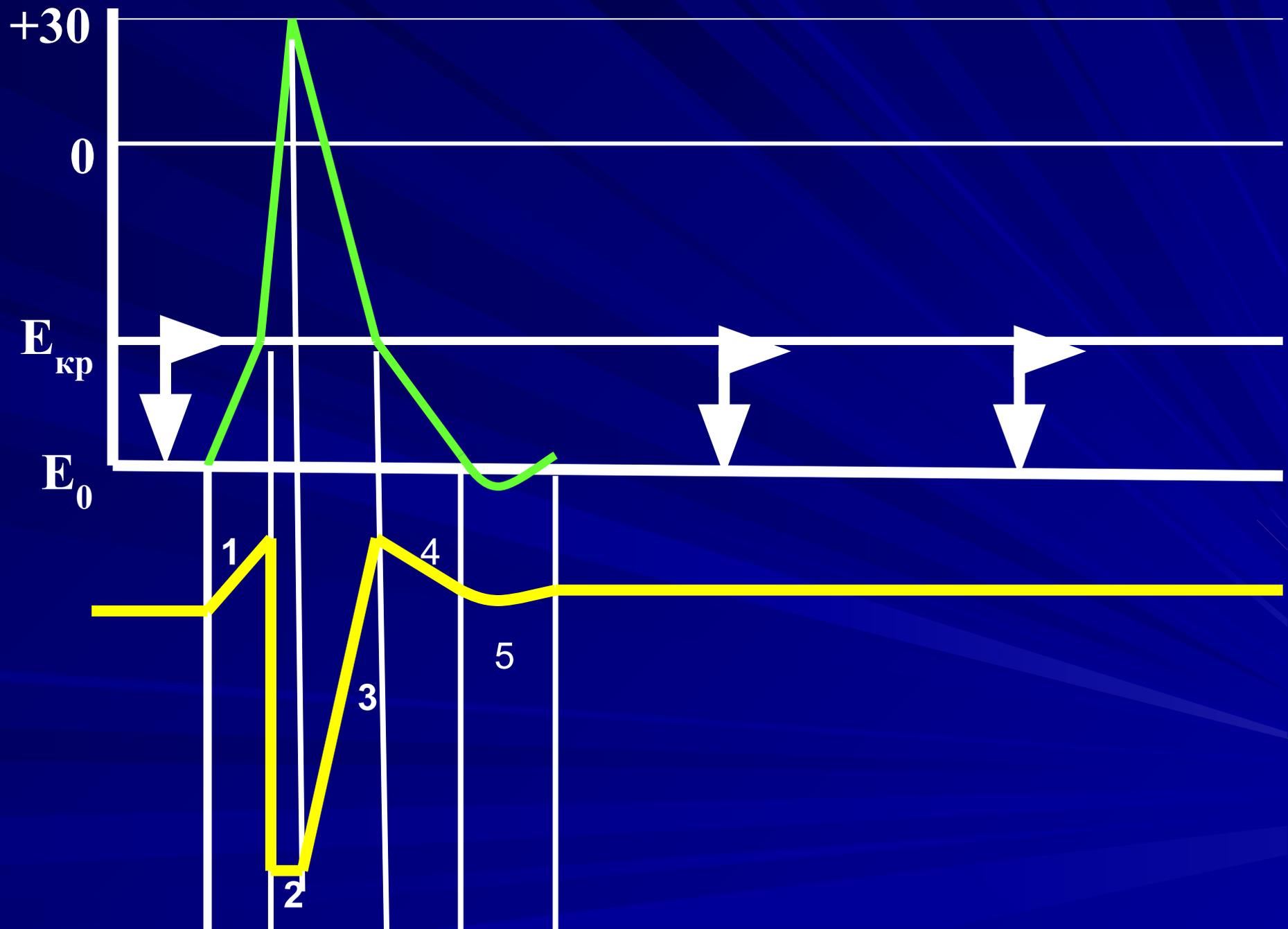


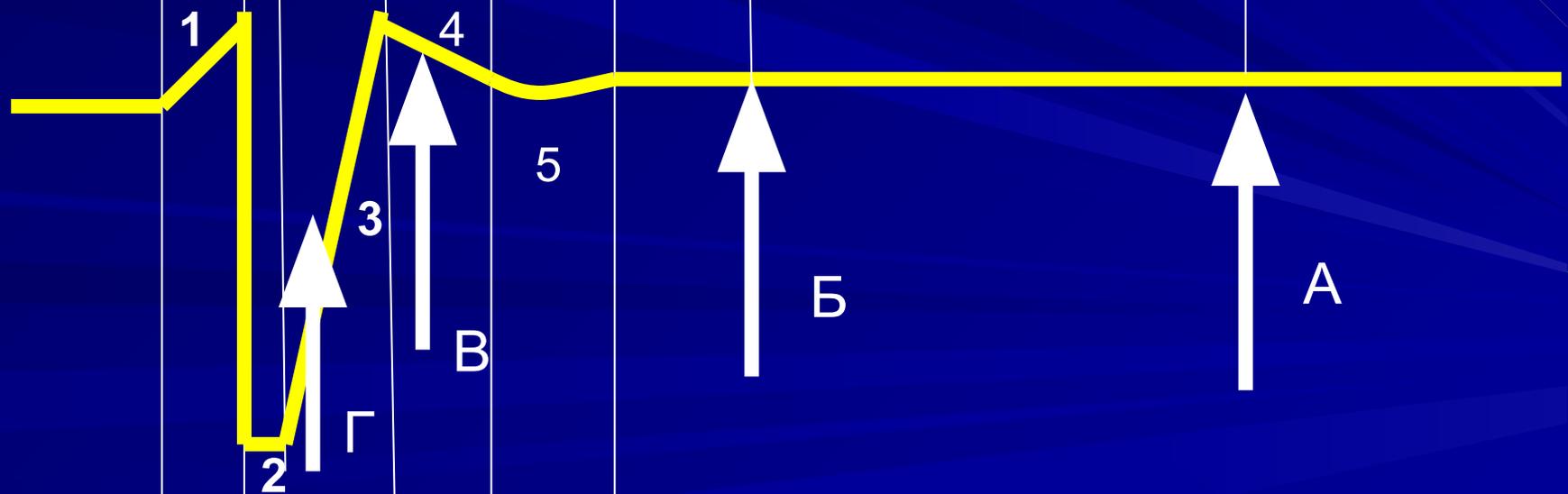
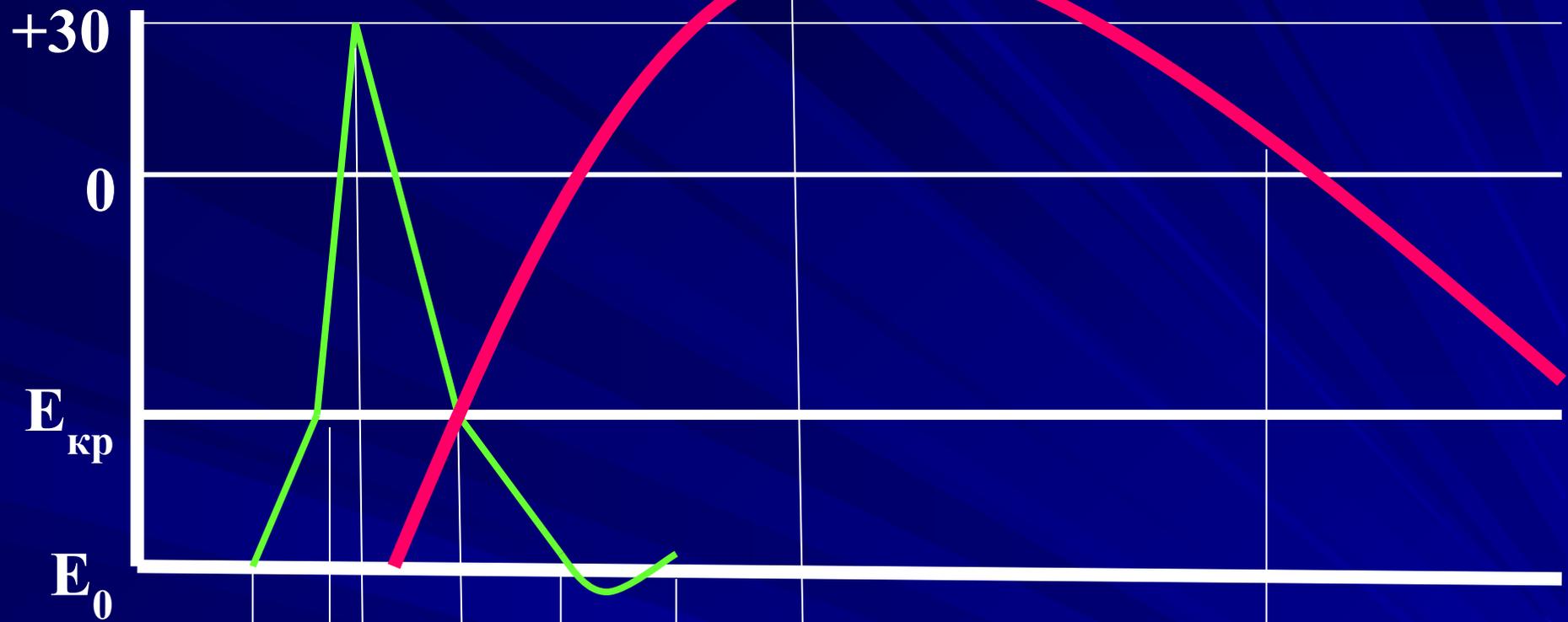
А



Б

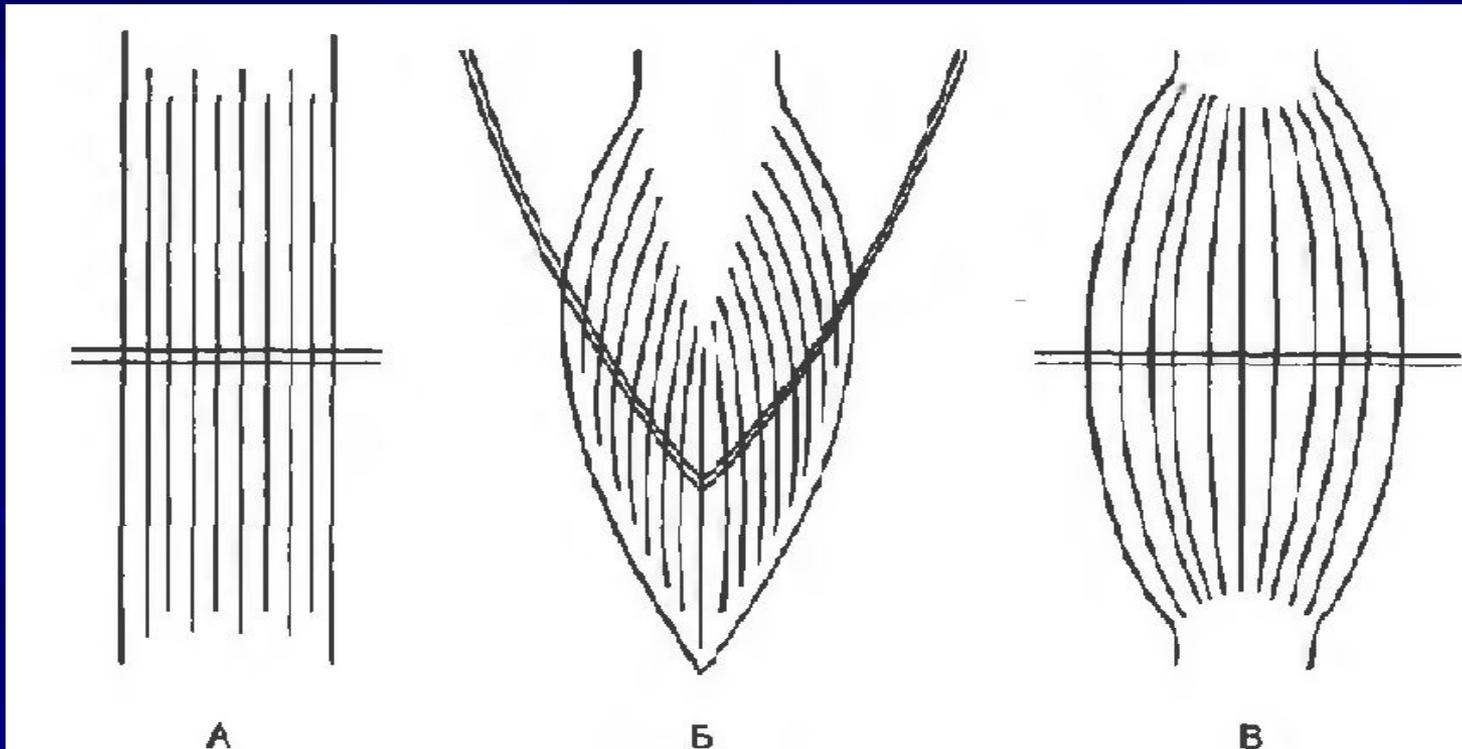
Примечание. Явления пессимума и парабриоза возможны в условиях эксперимента.





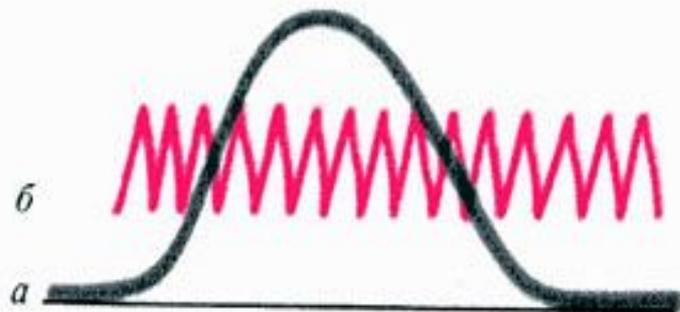
Сила мышц

- Зависит от толщины мышцы и её поперечного физиологического сечения

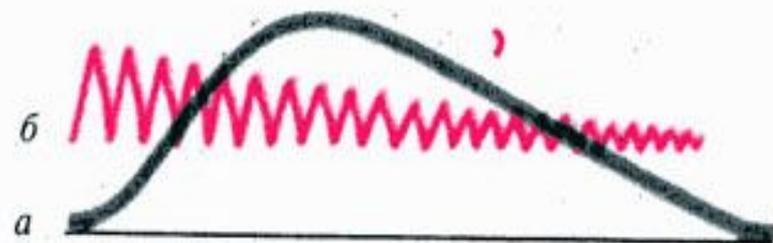


утомление

- 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!*

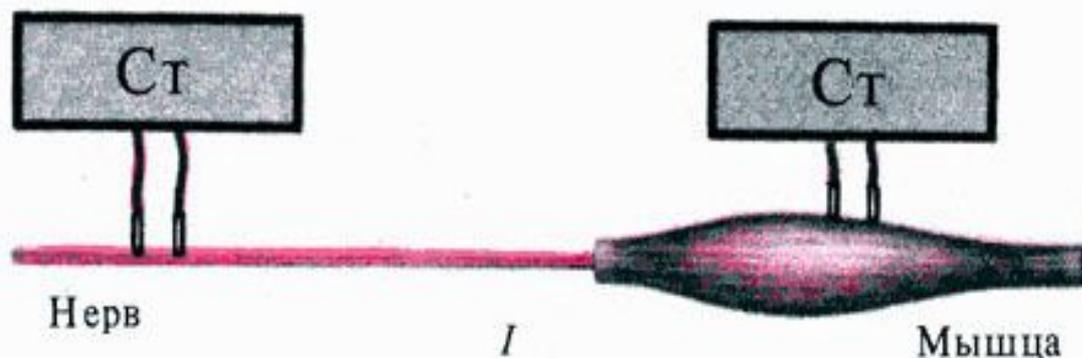


Неутомленная
мышца



Утомленная
мышца

A



Б



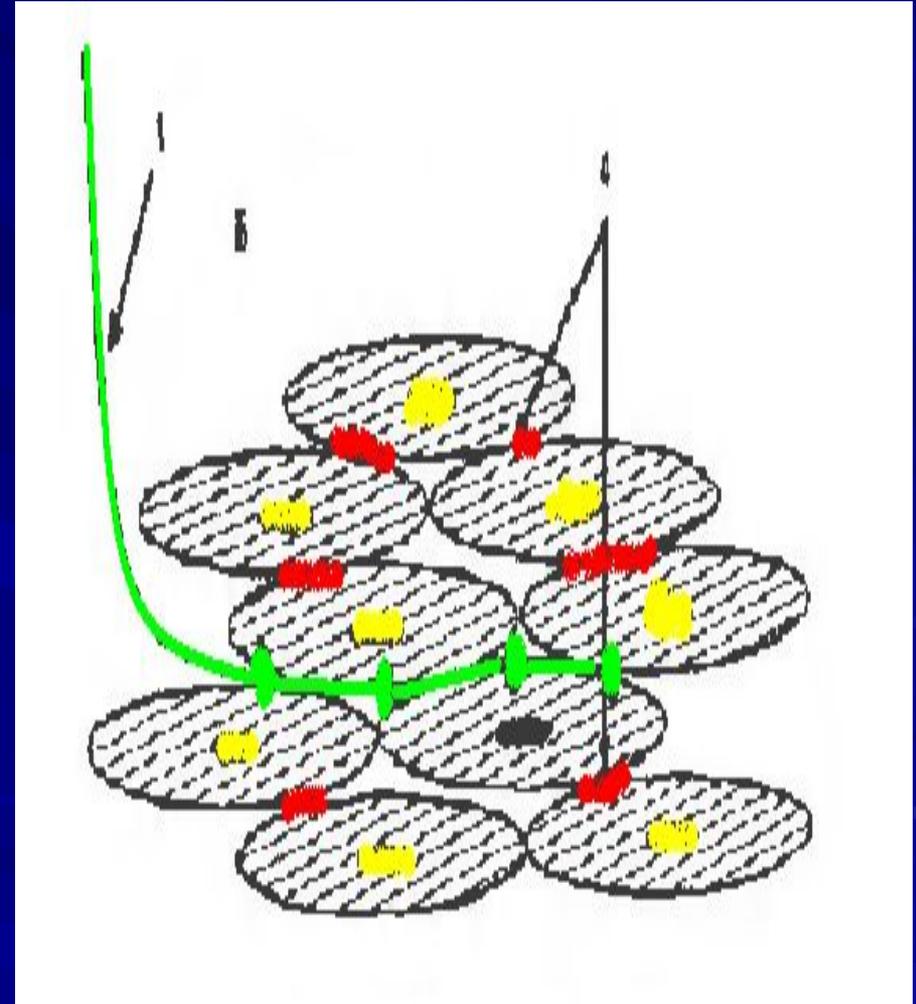
II

Примечание. Опыт показывает локализацию утомления в мионевральном синапсе.

Гладкие мышцы

Висцеральные гладкие мышцы

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



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 нексусам (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*

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