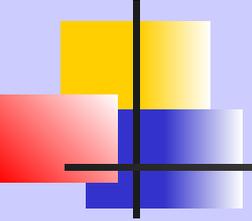


**Волгоградский государственный  
медицинский университет  
Кафедра нормальной физиологии**

---



**физиология мышечного  
сокращения**



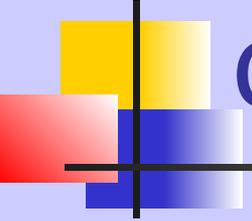
# Роль мышечного сокращения в организации поведенческой деятельности человека

---

Общим свойством всего живого и основой активного поведения является **движение**.

**Органом движения** является **мышечный аппарат**, который включает **3 вида мышц**: *скелетные, гладкие и сердечную* мышцы.

# Классификация мышц и их функции

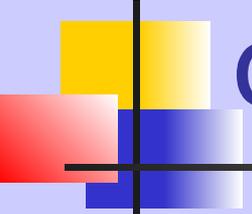


---

Мышцы выполняют следующие **функции**:

1. Создание позы и удержание тела в пространстве, преодоление инерции.
2. Двигательная функция внутренних органов (моторная функция кишечника, сократительная функция сердца, обеспечение дыхания за счёт сокращения дыхательных мышц).
3. Эффекторный механизм мыслительной (произносимая речь) и поведенческой деятельности.
4. Преобразование химической энергии макроэргических соединений в механическую, тепловую, электрическую энергию.

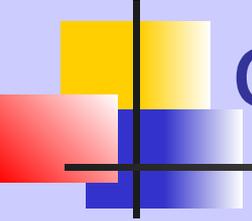
# Физические свойства скелетных мышц



---

- Растяжимость – способность мышцы изменять свою длину под действием растягивающей силы.
- Эластичность - способность мышцы принимать свою первоначальную длину после прекращения действия растягивающей или деформирующей силы.
- Сила – определяется максимальным грузом, который мышца в состоянии поднять.
- Способность совершать работу – определяется произведением веса поднятого груза на высоту подъёма.

# Физиологические свойства скелетных мышц



---

## Общие

- Раздражимость
- Возбудимость
- Проводимость
- Рефрактерность
- Лабильность

## Частные

- Сократимость

# Режимы мышечных сокращений



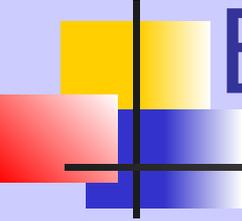
Изотонический режим



Изометрический режим



Смешанный режим



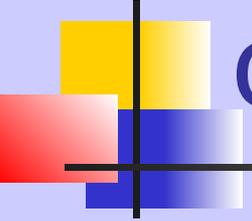
# Виды мышечных сокращений

---

Одиночное сокращение – возникает при действии одиночным раздражителем (прямое раздражение), или через иннервирующий её двигательный нерв (непрямое раздражение).

Тетаническое (суммированное) сокращение – длительное и сильное сокращение мышцы в ответ на ритмическое раздражение.

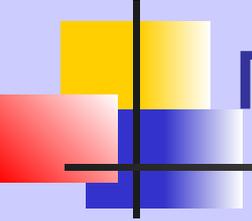
# Гладкие мышцы и их особенности



---

- Тонические – не способны развивать «быстрые» сокращения
- Фазно-тонические (обладающие автоматией и не обладающие автоматией) – способны быстро сокращаться

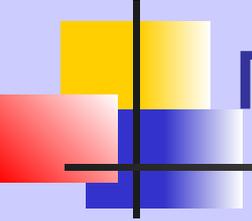
# Морфологические особенности гладких мышц



---

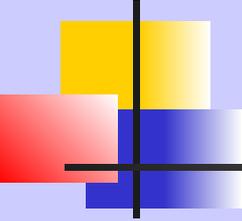
- Образованы гладкомышечными клетками веретенообразной формы.
- Хаотично расположены и окружены соединительной тканью (поэтому лишены поперечной исчерченности).
- Контактуют друг с другом при помощи нексусов.
- Сократительный аппарат представлен миофибриллами, состоящими в основном из актина. Миозин представлен только в

# Физиологические особенности гладких мышц



---

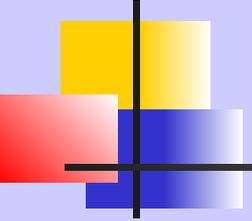
- В основе сокращения – процесс превращения энергии АТФ в механическую энергию сокращения.
- Сокращения медленные с использованием скользящего механизма.
- Сокращение протекает с малыми энерготратами.
- Обладают выраженной пластичностью (длительное сохранение изменённой длины).
- Обладают автоматией.



# Раздражители, вызывающие сокращение гладких мышц

---

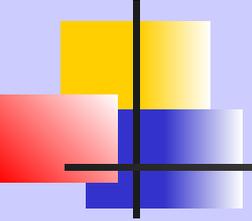
- Быстрое и сильное растяжение гладких мышц.
- Химические вещества (особенно гормоны и медиаторы, к которым гладкие мышцы обладают высокой чувствительностью).



# Особенности электрических процессов гладких мышц

---

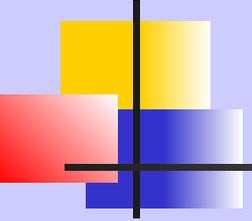
- Потенциал покоя в гладких мышцах меньше, чем в скелетных.
- Это связано с более высокой проницаемостью мембраны для ионов Na.
- В клетках *не обладающих автоматией* он стабилен и  $= -60-70$  мВ.
- В клетках, *обладающих автоматией*, он неустойчивый с колебаниями от  $-30$  до  $-70$  мВ.



# Особенности электрических процессов гладких мышц

---

- Потенциал действия имеет *длительный латентный период*.
- Ниже, чем в скелетных мышцах.
- Бывает двух типов: пикоподобная форма и форма «плато».
- Связан с повышением проницаемости для ионов  $Ca$ .
- Несколько опережает сокращение.

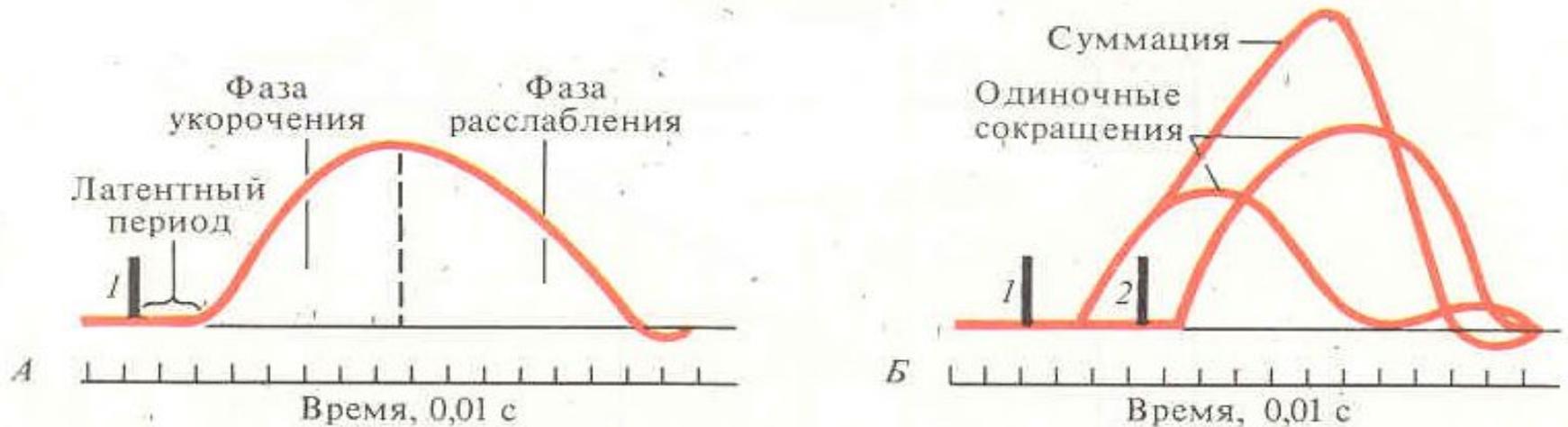


# Особенности электрических процессов гладких мышц

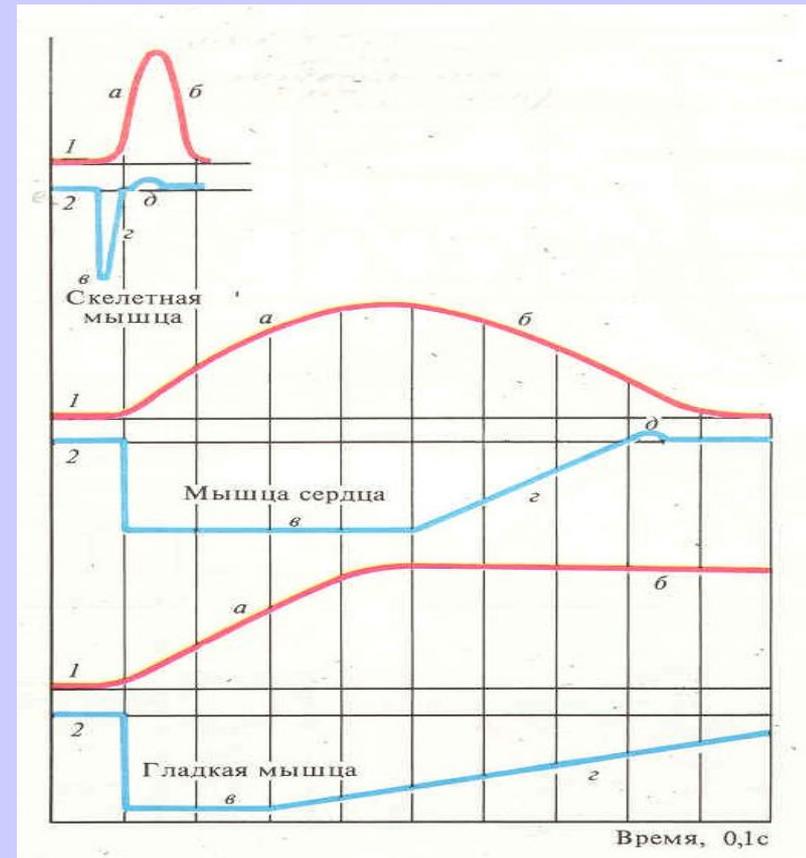
---

- Проведение возбуждения возникает, если приложенный стимул одновременно возбуждает некоторое минимальное количество мышечных клеток.
- Может распространяться на соседние мышечные волокна (из-за малого сопротивления в области контактов) распространяется лишь на определённое расстояние, которое зависит от силы раздражителя скорость значительно меньше, чем в скелетной мышце и составляет от 2 до 15 см/с.

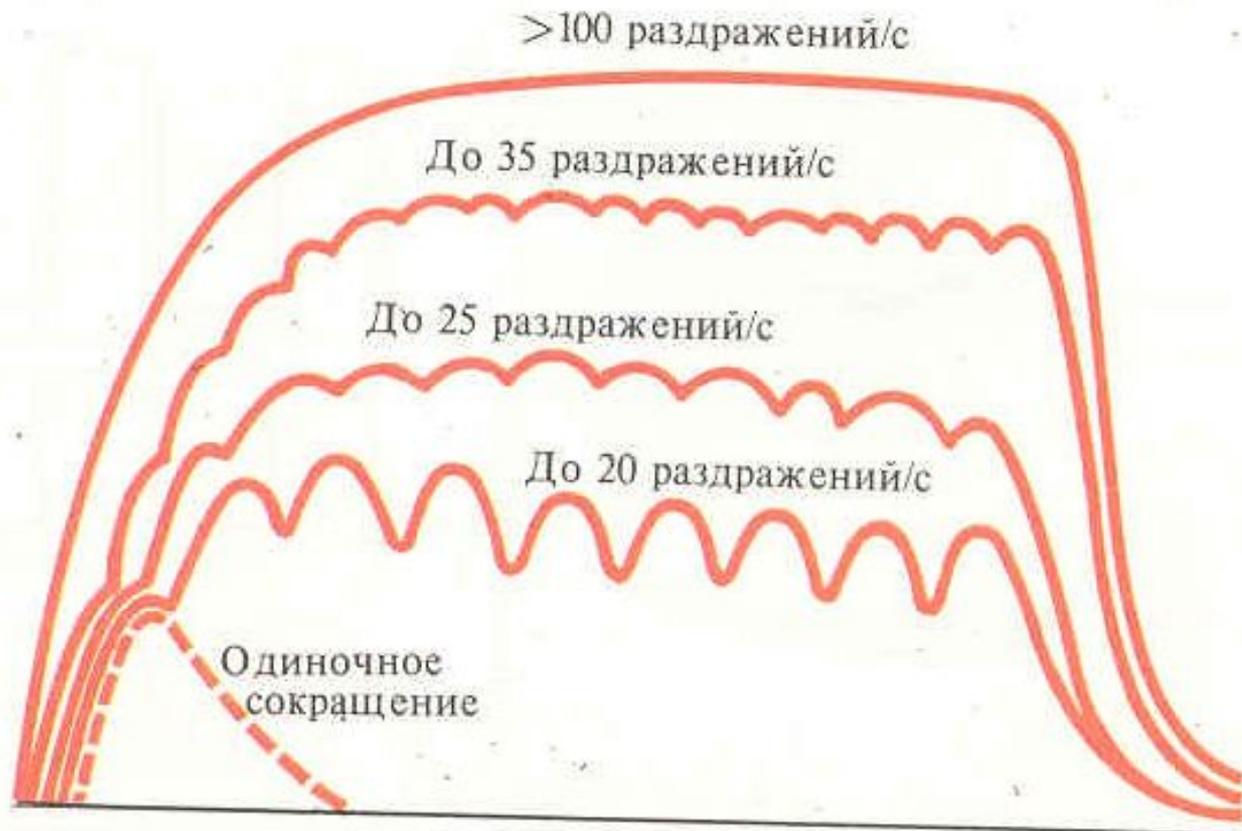
# Одиночное и тетаническое сокращения



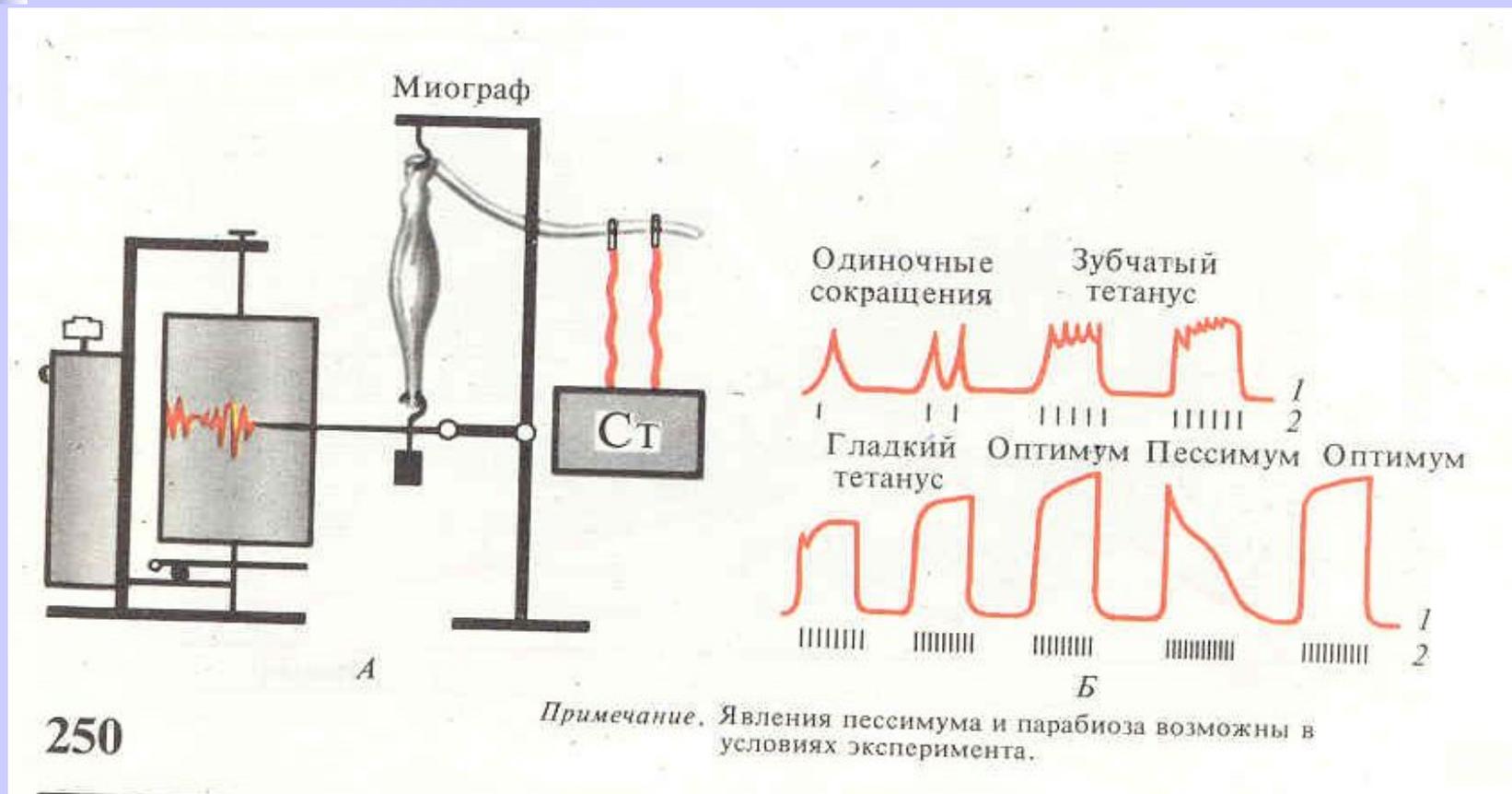
# Сократимость и возбудимость разных мышц



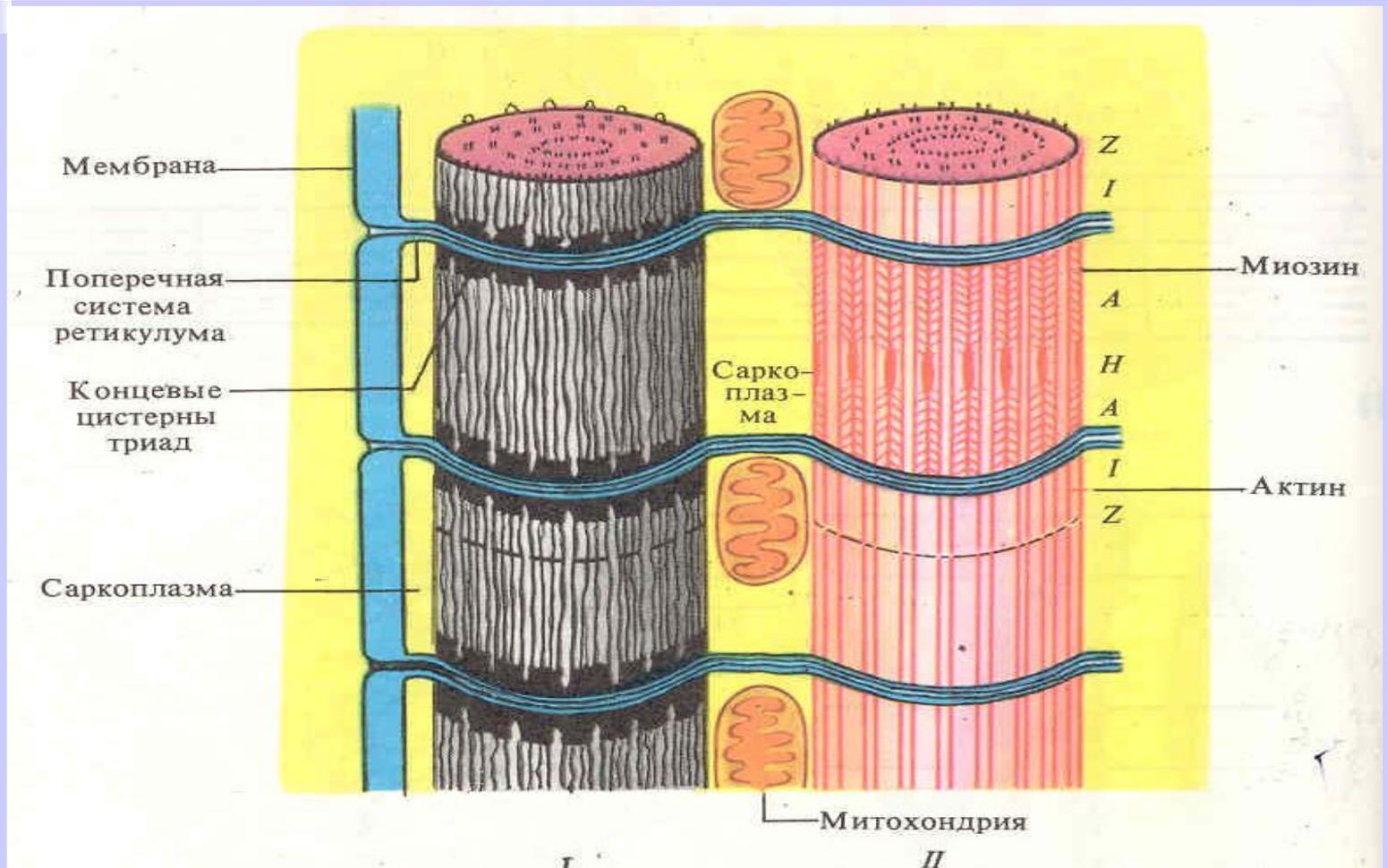
# Формирование тетануса в зависимости от частоты раздражения



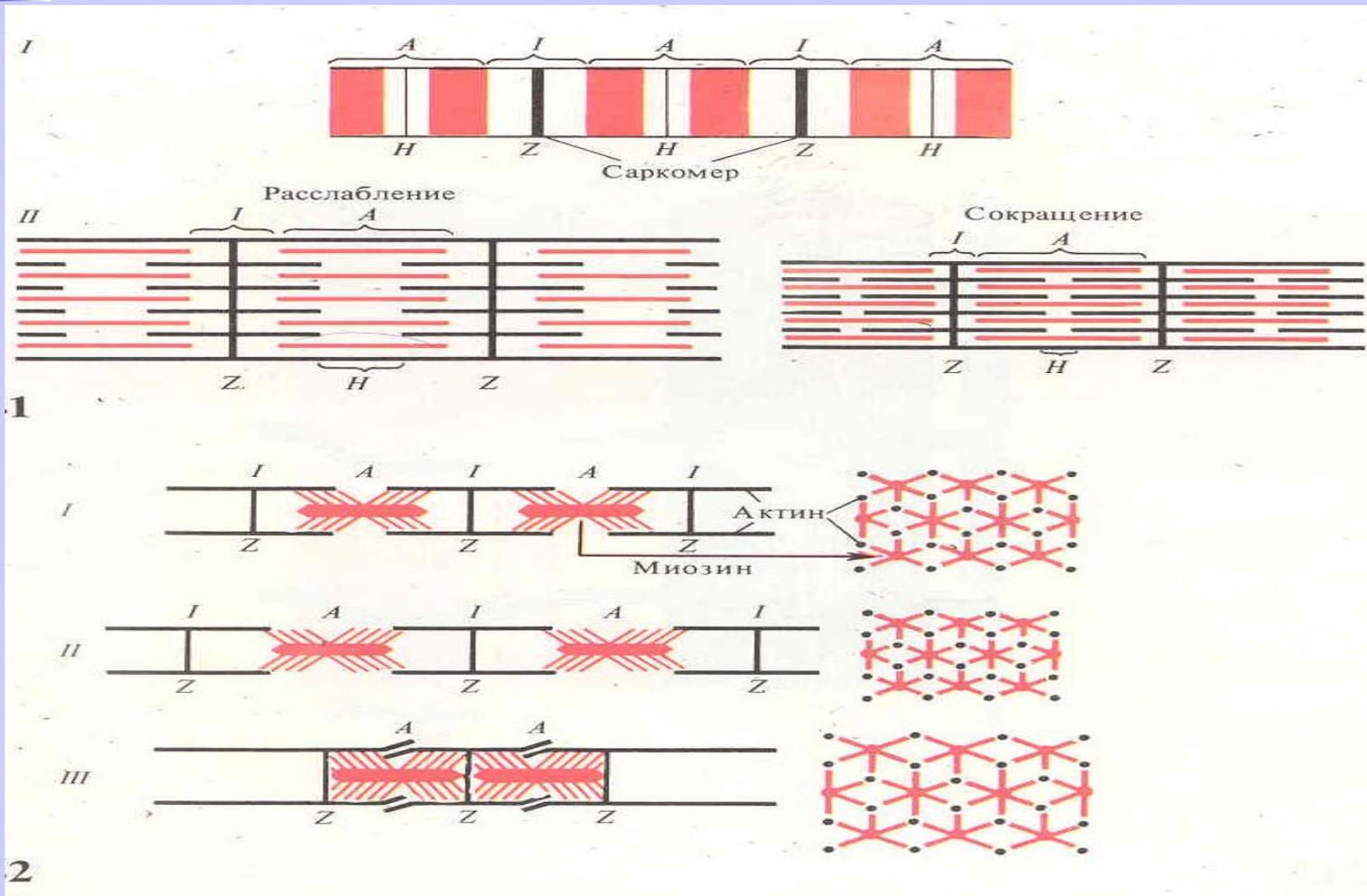
# Оптimum и пессимум частоты



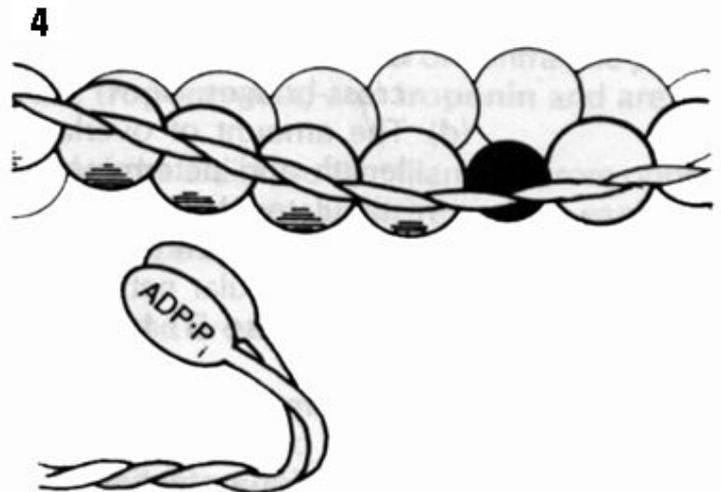
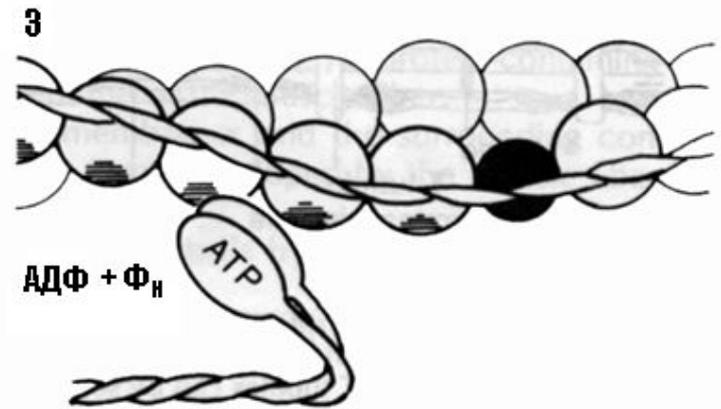
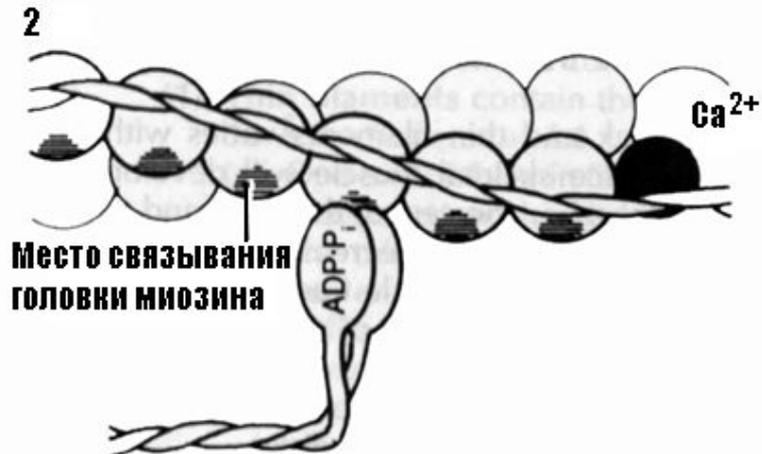
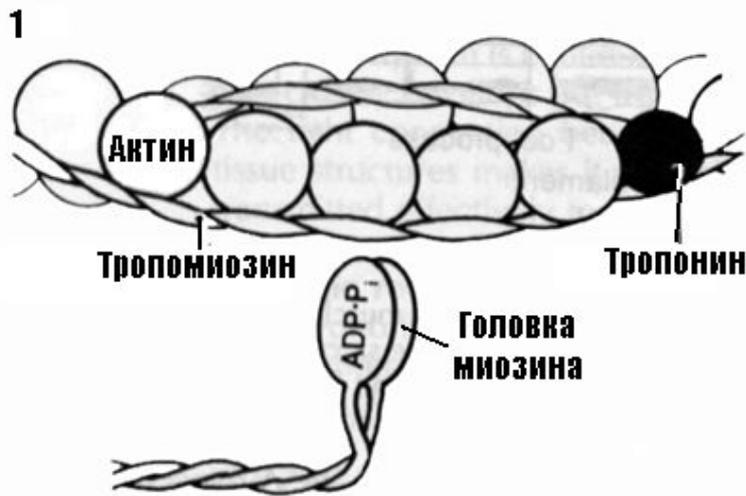
# Миофибриллы с саркоплазматическим ретикулумом



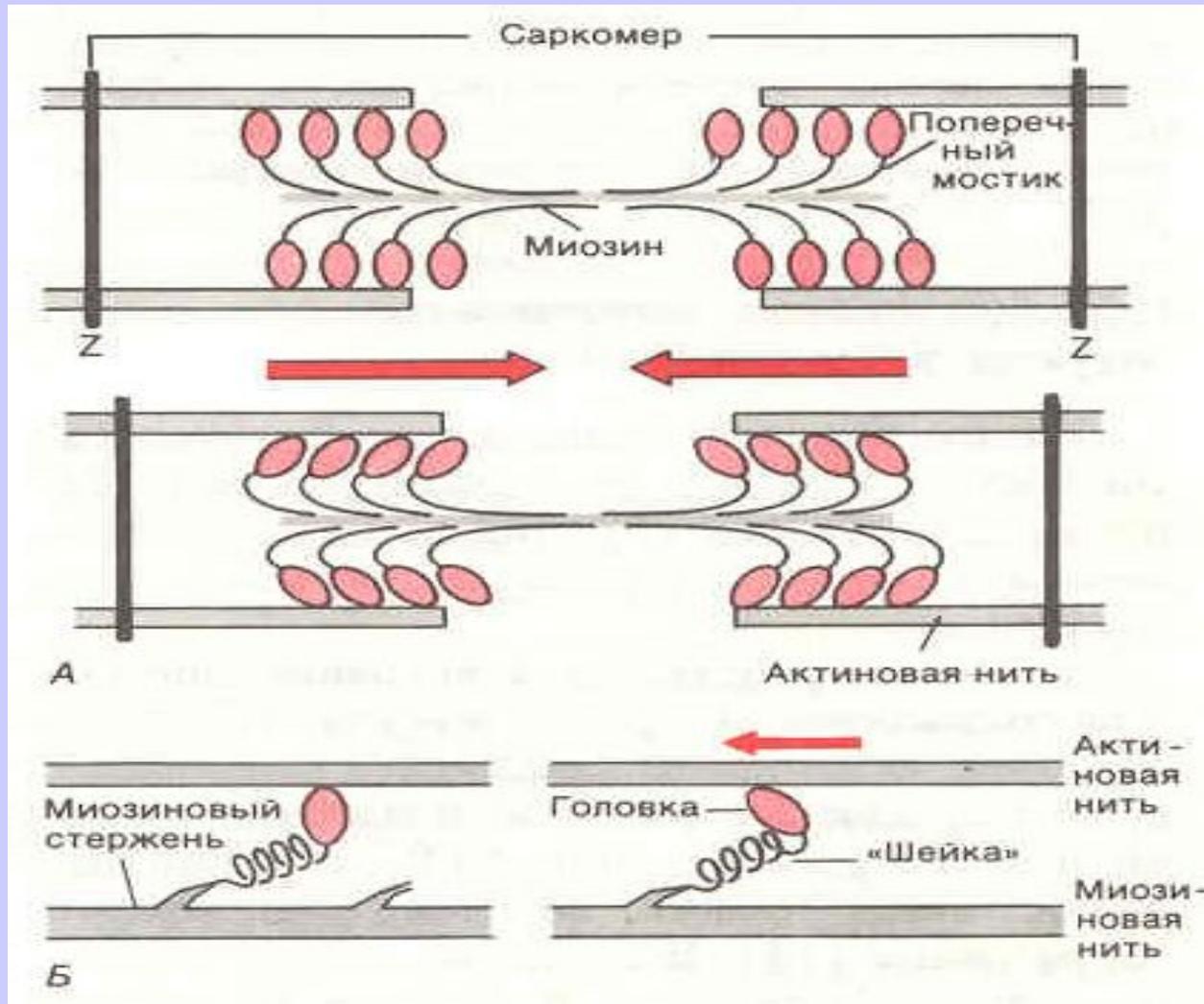
# Строение мышечного волокна и миофибриллы

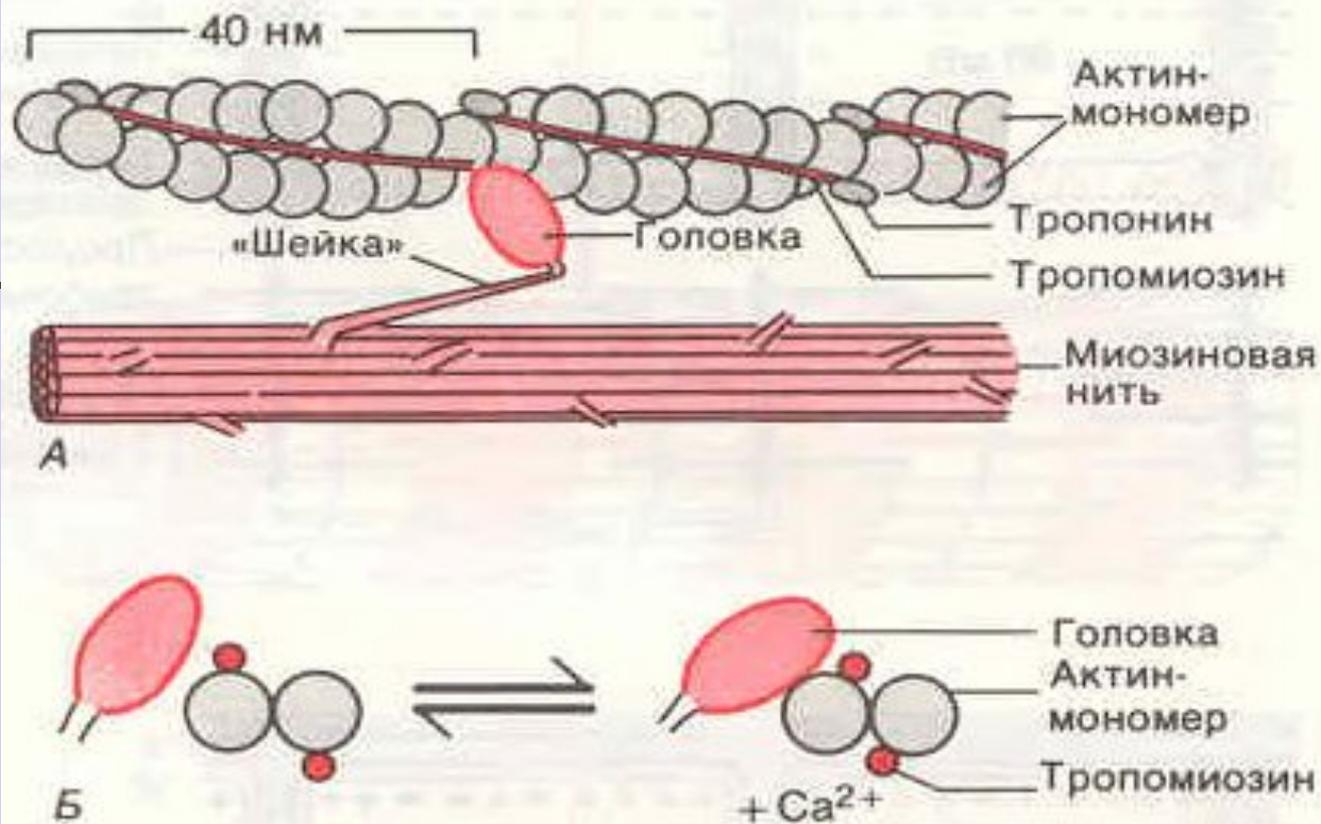


# Механизм мышечного сокращения



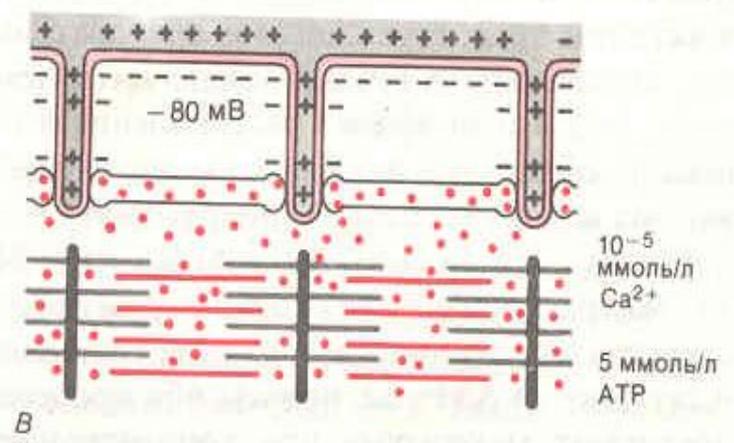
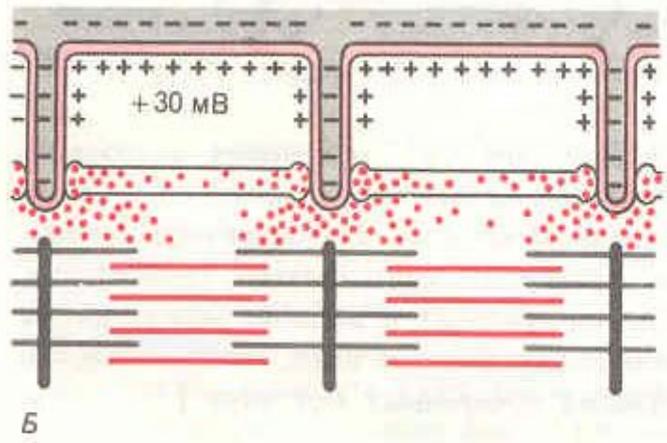
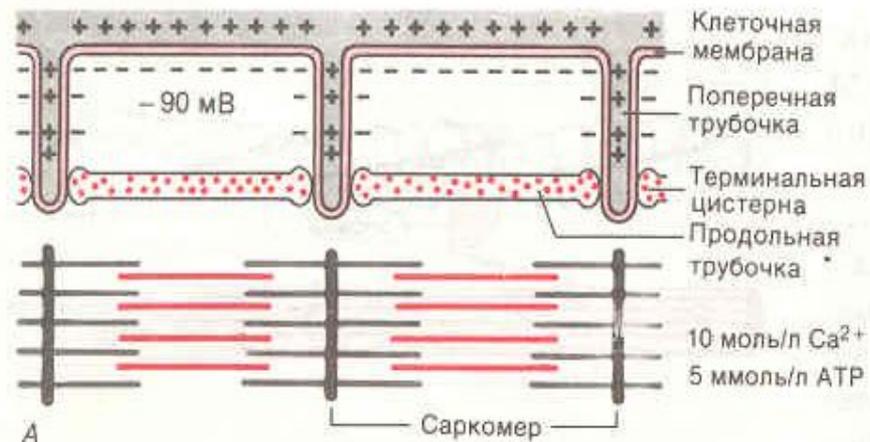
# Поперечные мостики и механизм сокращения





**Рис. 2-4.** Действие  $\text{Ca}^{2+}$  во время активации. А. Изображение актиновой и миозиновой нитей на продольном сечении. Б. Поперечное сечение волокна. Когда  $\text{Ca}^{2+}$  связывается с тропонином, тропомиозин скользит в желобке между двумя субъединицами актиновой нити, обнажая участки прикрепления поперечных мостиков [2].

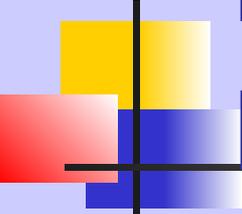
# Схема электрохимического сопряжения



# Последовательность основных процессов при мышечном сокращении

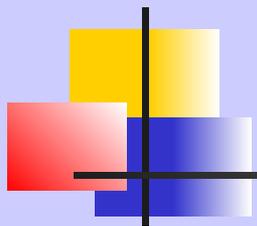
- *Раздражение.*
- *Возникновение ПД.*
- *Проведение возбуждения вдоль клеточной мембраны до Z-мембраны и вглубь волокна по трубочкам Т-систем.*
- *Деполаризация мембраны саркоплазматического ретикулума.*
- *Освобождение  $Ca^{++}$  из триад и диффузия его к миофибриллам.*
- *Взаимодействие  $Ca^{++}$  с тропонином, изменение его конформации и выделение энергии АТФ.*
- *Скольжение тропомиозина в желобке между двумя субъединицами актиновой нити (внутри неё), обнажая участки прикрепления поперечных мостиков миозина*
- *Скольжение актиновых вдоль миозиновых нитей.*
- *Сокращение саркомера, миоцита и мышцы в целом.*

# Последовательность основных процессов при мышечном расслаблении



---

- Прекращение действия раздражителя.
- Инактивация электровозбудимых Са-каналов саркоплазматического ретикулума.
- Понижение концентрации  $Ca^{++}$  в межфибрилярном пространстве из-за работы Са-насоса.
- Высвобождение  $Ca^{++}$  из комплекса с тропонином.
- Возвращение исходной конформации тропонина.
- Скольжение тропомиозина на поверхность актиновой нити и блокирование активных центров взаимодействия с миозином.
- Разрушение акто-миозиновых мостиков.
- Увеличение длины саркомера, миоцита и мышцы в целом.
- Расслабление мышцы.



**Спасибо за внимание!**