



# Физиология мышечной ткани

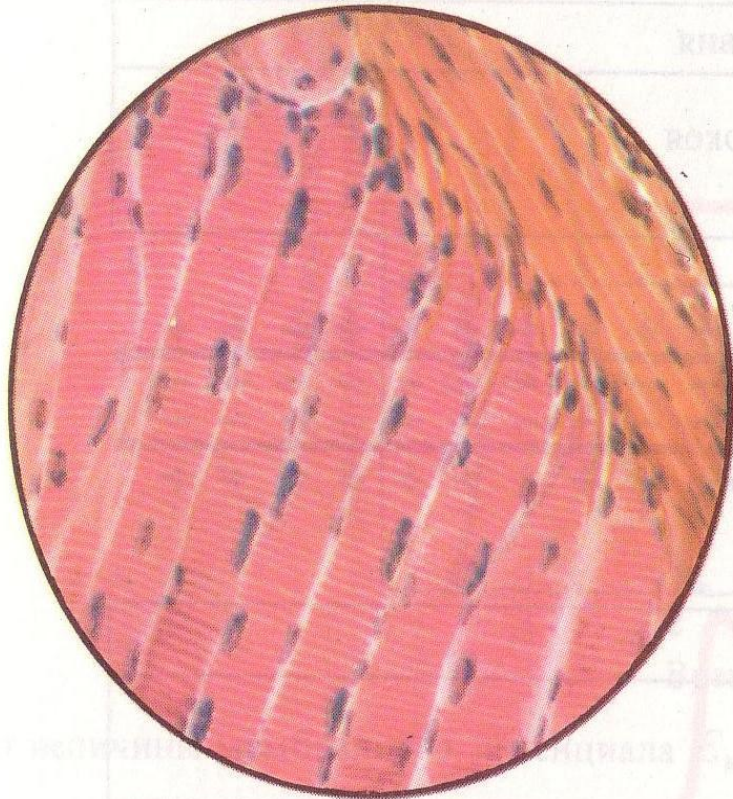
Лектор — доцент кафедры физиологии человека и животных Соболева Ирина Владимировна

2016

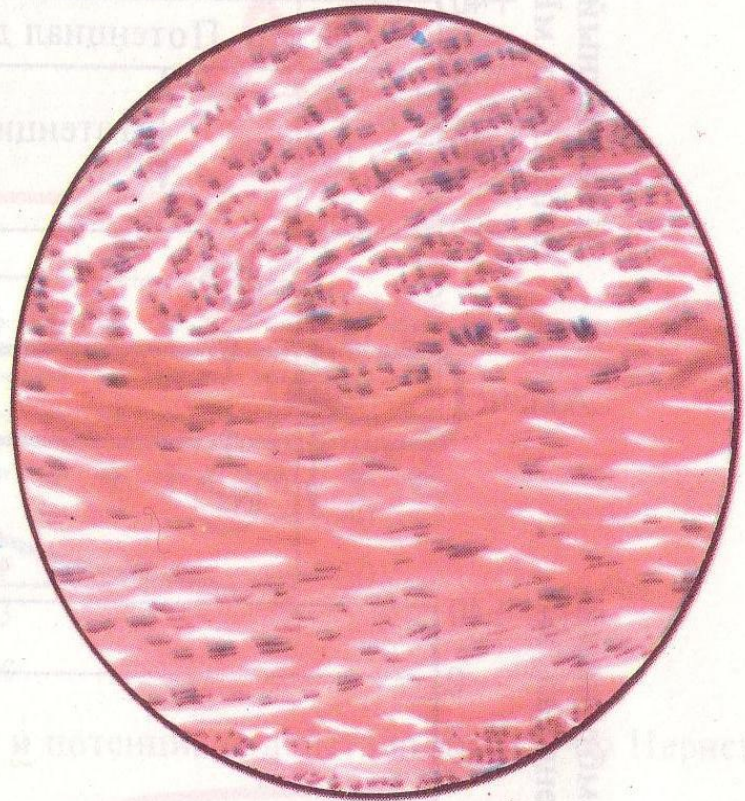
**Мышцы** – преобразуют химическую энергию питательных веществ в механическую энергию

## **Виды мышечной ткани**

- Гладкая – находится в стенках внутренних органов, кровеносных и лимфатических сосудов, в коже, поперечная исчерченность отсутствует
- поперечно-полосатая (скелетные мышцы) – образует опорно-двигательный аппарат
- Сердечная (по строению – поперечно-полосатая но функционирует как гладкая)



Скелетные мышцы



Гладкие мышцы

## Функции скелетных мышц:

- Поддержание позы
- Перемещение тела в пространстве
- Перемещение отдельных частей тела
- Источник тепла (теплопродукция)

## Свойства мышц:

- Возбудимость — способность генерировать ПД
- Проводимость - способность проводить ПД
- Сократимость — способность укорачиваться при возбуждении
- Эластичность- способность развивать напряжение при растяжении

# Классификация скелетных мышечных волокон

## Фазические:

- **Медленные окислительного типа** (красные, миоглобин, поддержание позы, медленно утомляются, быстро восстанавливаются)
- **Быстрые с гликолитическим типом окисления** (белые, нет миоглобина, АТФ – гликолиз, быстрые движения, быстро утомляются, медленно восстанавливаются,)

**Быстрые окислительного типа** (АТФ – путем фосфорилирования, быстрые движения, медленно утомляются, быстро восстанавливаются)

## Тонические

(не подчиняется закону «все или ничего», низкая активность миозиновой АТФазы, сокращение и расслабление медленные)



# Структура мышечного волокна

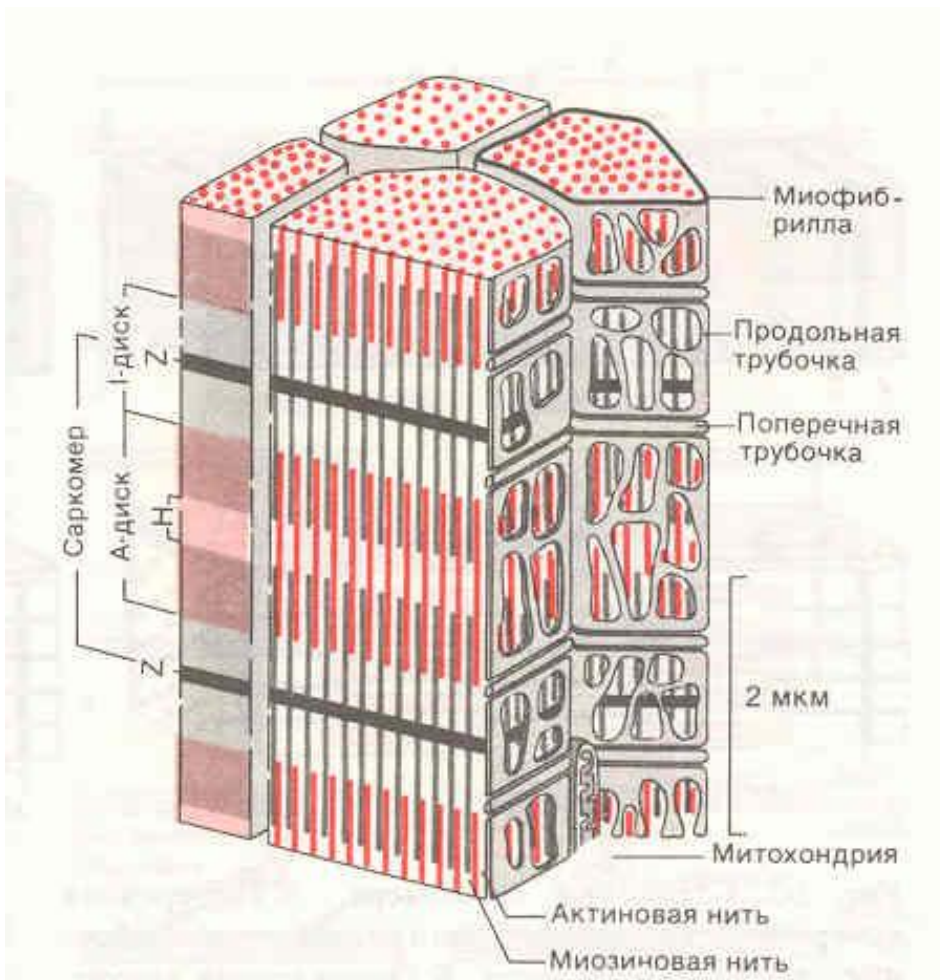


Рис. 2-1. Участок волокна скелетной мышцы; схема по Garamvölgyi.

**Мышечное волокно** – многоядерная структура, содержащая сократительный аппарат – **миофибриллы**

Структурной единицей мышечного волокна является **саркомер**.

Саркомеры отделяются друг от друга Z-пластинками.

Миофибриллы содержат сократительные белки – **актин** и **миозин**

Взаимодействие актина и миозина обеспечивает **тропомиозиновый комплекс** при участии ионов  $Ca^{++}$

Нити актина прикреплены к Z-пластинкам, а толстые нити миозина находятся посередине

# Структура мышечного волокна

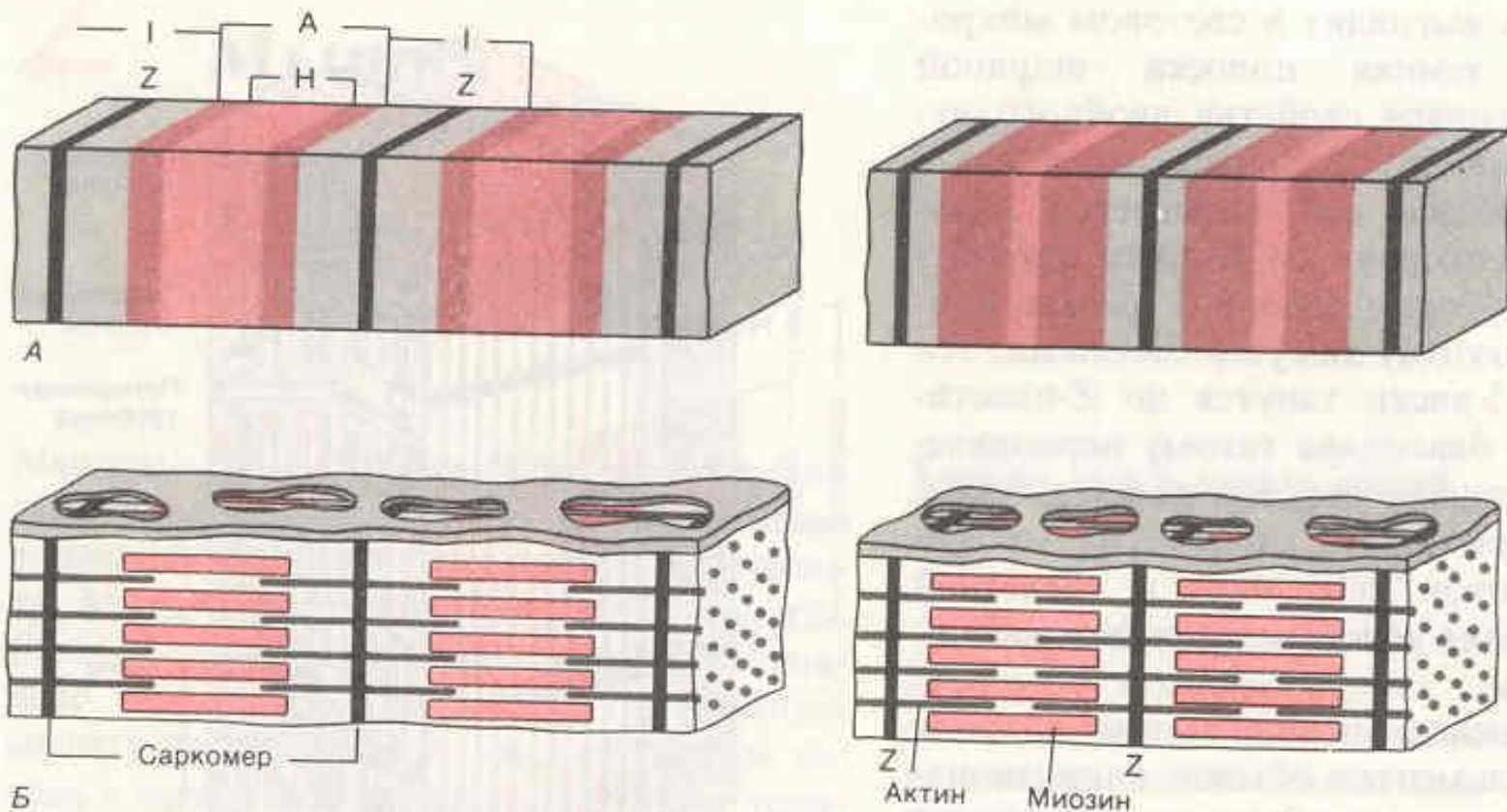


Рис. 2-2. Структура саркомера. А. Поперечная исчерченность миофибрилл; слева – расслабление, справа – сокращение. Б. Организация миозиновых и актиновых нитей в расслабленном и со-

кращенном саркомере. Обратите внимание на дополнительный укорачивающий эффект последовательного соединения саркомеров [10].



# СТРОЕНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СИНАПСА

**Нервно-мышечные синапсы** обеспечивают проведение возбуждения с нервного волокна на мышечное с помощью медиатора **ацетилхолина**

Ацетилхолин взаимодействует с белками рецепторами натриевых каналов, что приводит к деполяризации мембраны мышечного волокна и возникновению ПД

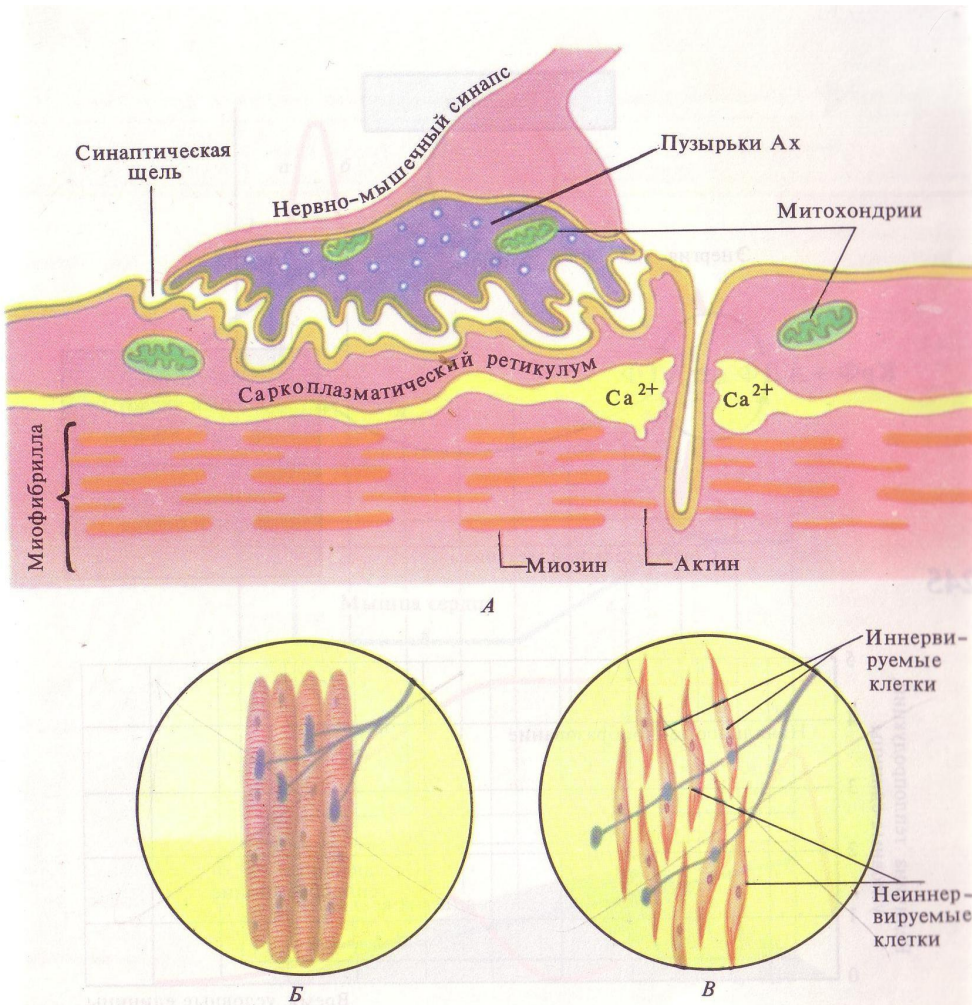


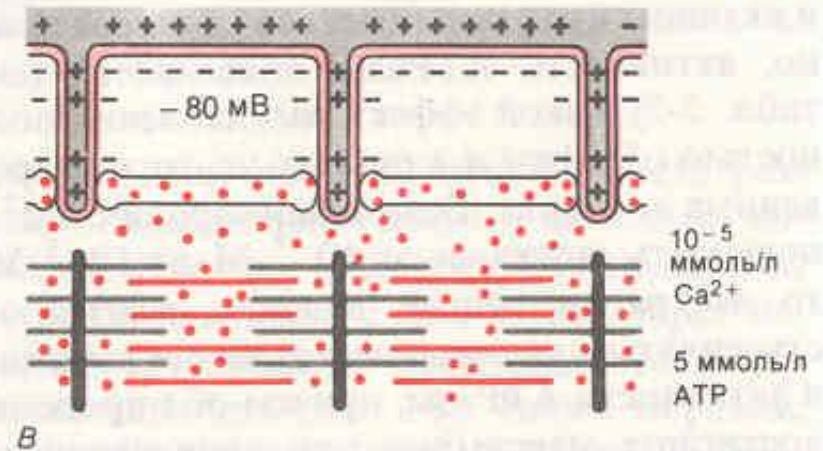
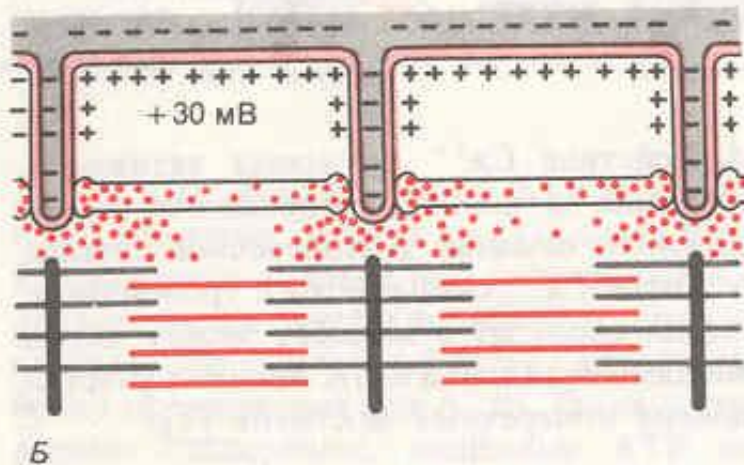
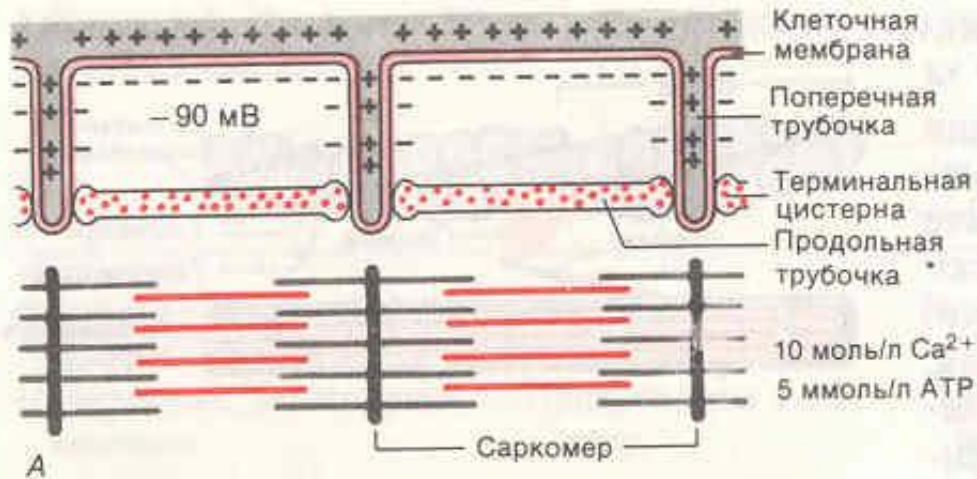
Рис. 244. Строение нервно-мышечного синапса. А — нервно-мышечный синапс в разрезе; Б — распределение синапсов соматического аксона в волокнах скелетной мышцы; В — распределение синапсов симпатического аксона в клетках гладкой мышцы



# T-система

- Важнейшим компонентом мышечного волокна является T- система: включающая митохондрии, саркоплазматический ретикулум и систему поперечных трубочек

# Электромеханическое сопряжение



# Механизм мышечного сокращения (теория скольжения)

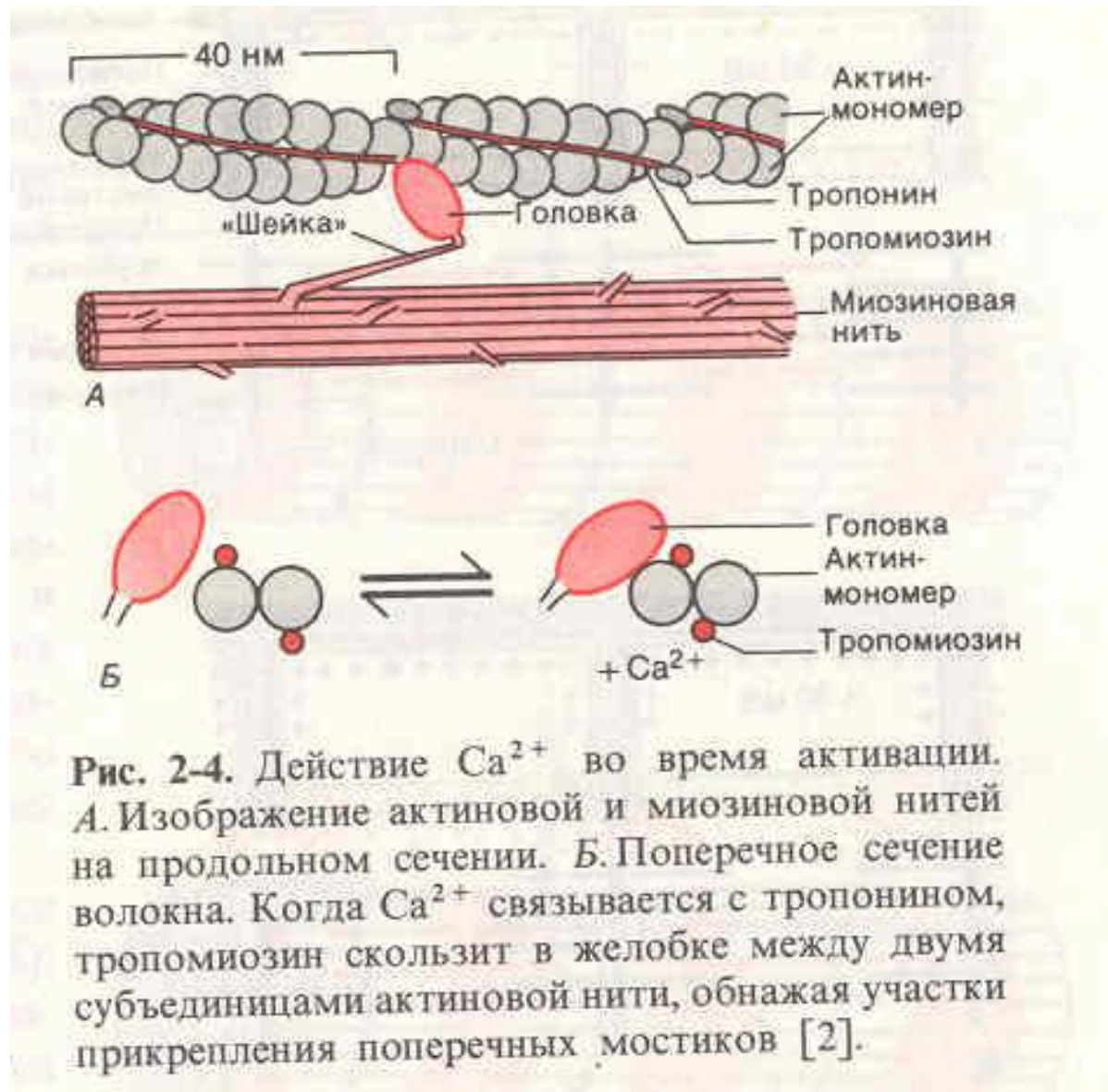
## Электрохимическое преобразование:

- Генерация ПД
- Распространение ПД к Т-системе
- Электрическая стимуляция Т-систем (ионы кальция, активация ферментов)

## Химическое преобразование:

- Взаимодействие ионов кальция с тропонином
- Взаимодействие миозиновой головки с актином
- Скольжение нитей миозина и актина друг относительно друга

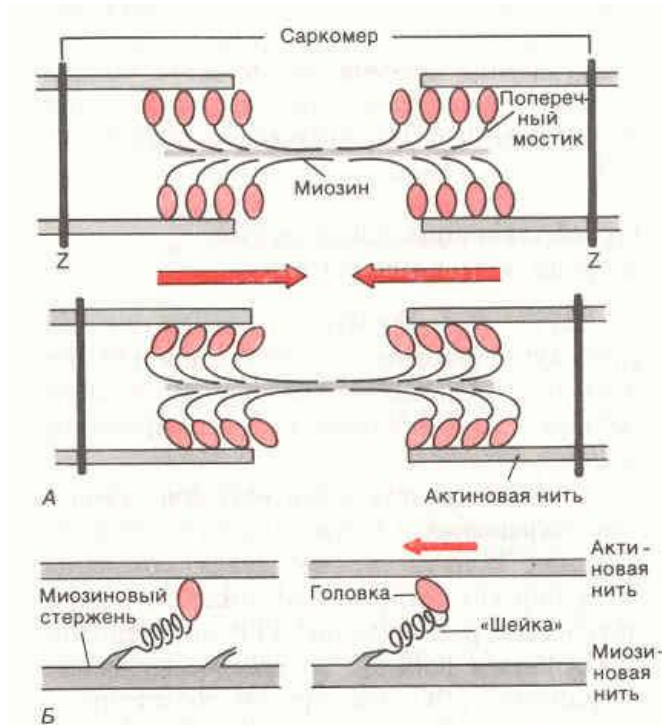
# Действие ионов кальция





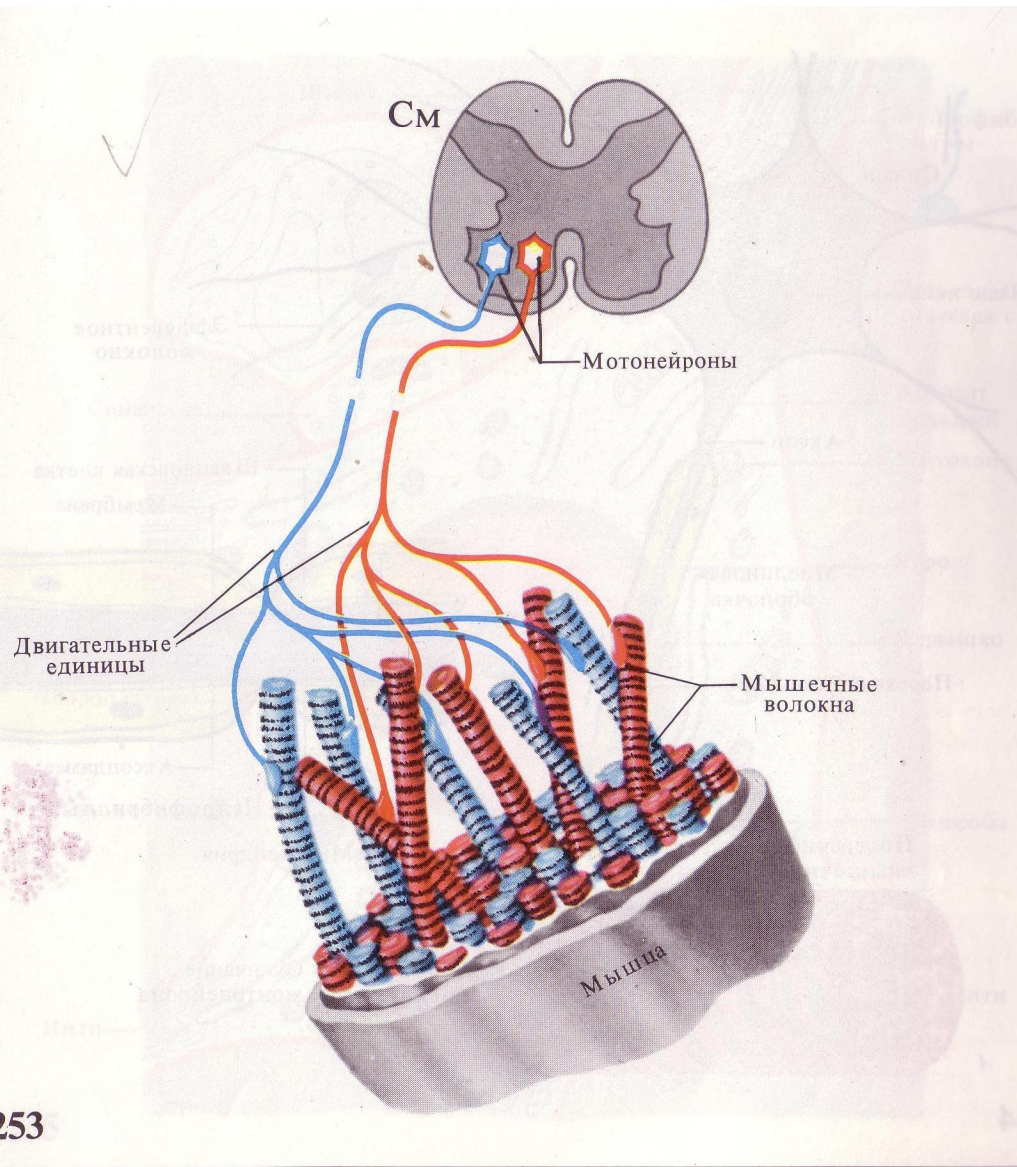
# Сокращение саркомера

Теория скольжения Huxley, Н. Huxley,



**Рис. 2-3.** Поперечные мостики. А. Модель механизма движения: миозиновая нить с поперечными мостиками, прикрепленными к соседним актиновым нитям; *вверху* – до, *внизу* – во время «гребковых движений» мостиков (на самом деле эти движения происходят асинхронно) [11]. Б. Модель [9] механизма создания силы поперечными мостиками; *слева* – до, *справа* во время «гребкового движения» мостика. Поперечные мостики химически соответствуют субфрагменту миозина – «тяжелому меромиозину», который состоит из субфрагмента I (головка миозина) и субфрагмента II (шейка миозина).

## ДВИГАТЕЛЬНАЯ ЕДИНИЦА



является функциональной единицей скелетной мускулатуры и состоит из **мотонейрона** и группы **миофибрилл**, **иннервируемых его аксоном**

Число мышечных волокон зависит от требуемой быстроты движений

Двигательные единицы

Глазных мышц содержат < 10 волокон

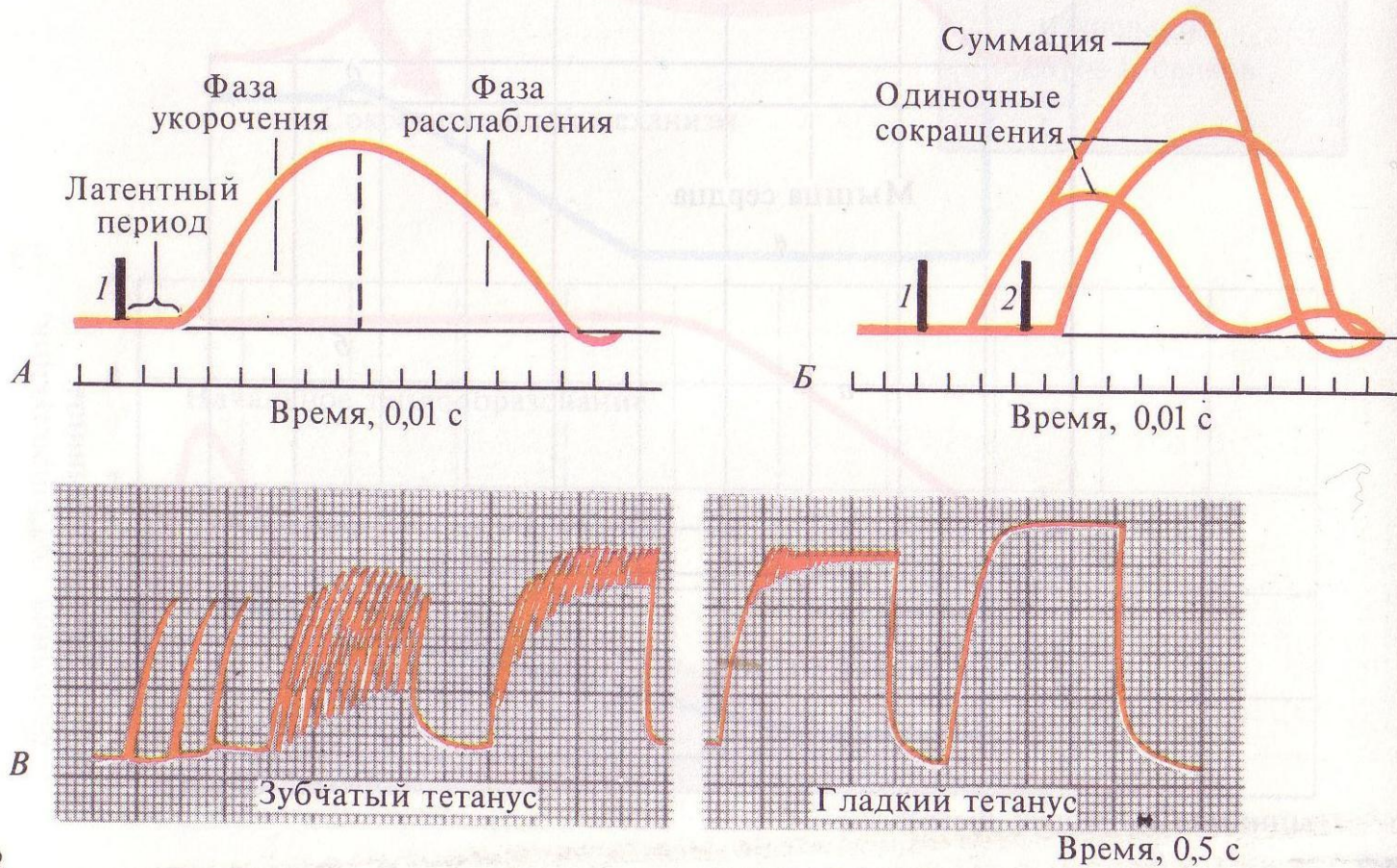
Пальцев рук – до 25 волокон

Двуглавая мышца – около 750 волокон

Камбаловидная мышца – 2000 волокон



# Фазы мышечного сокращения



48

ис. 248. Одиночное сокращение (А), суммация (Б), тетанус (В):

— момент первого раздражения, 2 — момент второго раздражения

# Фазы мышечного сокращения

Латентный период

Сокращение

Изотоническое

Изометрическое

Ауксотоническое

Расслабление

Суммация, тетанус



# Работа и мощность мышц

$A=F*S$  – работа,  $M=A/t$  -мощность

(изометрическая и изотоническая  $A=0$ ,  
химическая энергия-тепловая энергия)

Статическая работа

Динамическая работа

Утомление

## Теплообразование при мышечном сокращении

Теплота активации

Теплота сокращения

Теплота расслабления



# Методы исследования

- Электрофизиологические (миография)
- эргометрические

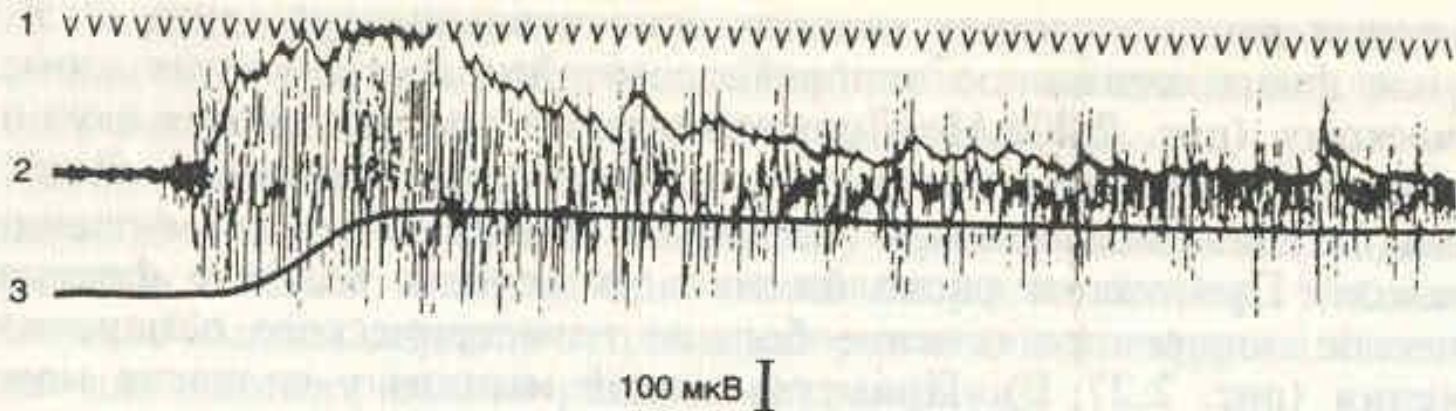
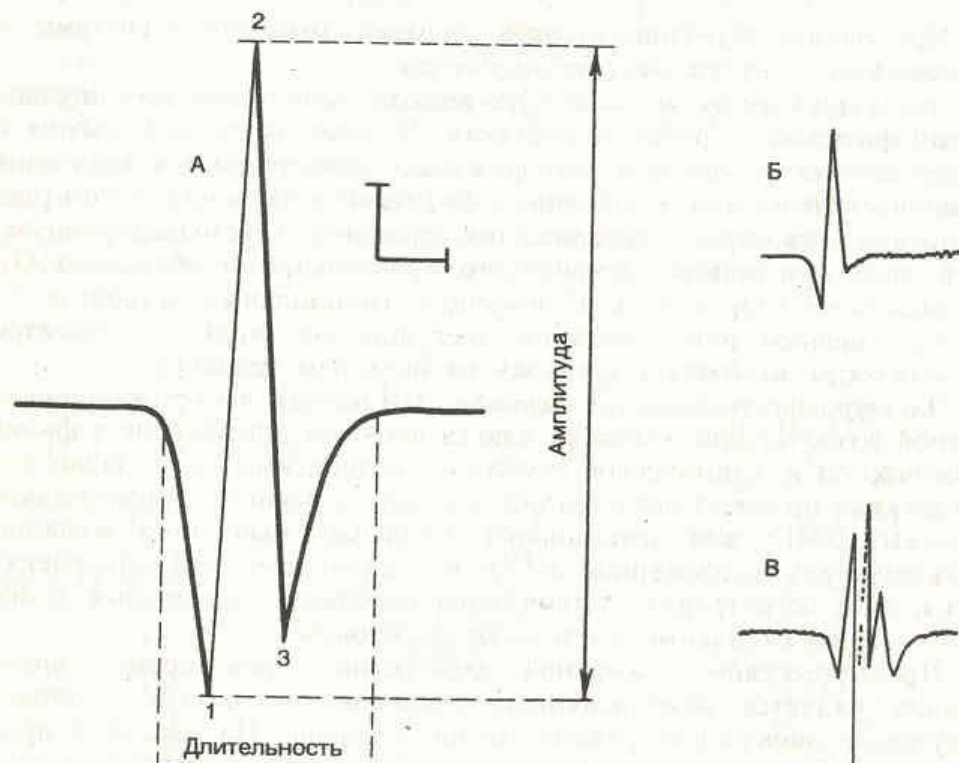


Рис. 2.28. Электромиограмма при физической нагрузке.

1 — отметка времени; 2 — электромиограмма; 3 — механограмма сокращения мышц.





# ЭРГОМЕТРИЯ

- **Эргометр** - прибор, с помощью которого измеряют механическую работу, которую выполняет человек. В зависимости от того какие виды мышц исследуются эргометры подразделяют на: пальцевые, кистевые, эргометры для велотренажеров, для третбана (дорожки для ходьбы) и многие другие.

# ЭРГОМЕТРИЯ



**Велоэргометр** - это устройство, с помощью которого проводят нагрузочное тестирование под действием стресс-систем. При исследованиях пациенту задается определенный режим нагрузки, в результате выполнения которого проводятся измерения пульса, давления, ЭКГ и температуры. Также велоэргометр может быть оснащён датчиком, определяющим процентное соотношение жировой и мышечной ткани в организме. Сегодня благодаря электромагнитной системе задания нагрузки регулирование сопротивления велоэргометра возможно с высочайшей точностью

# ЭРГОМЕТРИЯ

- Также для определения работоспособности мышц используют эргографы. Наиболее известные из них - это **эргографы Дюбуа, Моссо и Циммермана**, названные в честь их изобретателей. С помощью Эргографа Моссо записываются результаты движения среднего пальца руки. При проведении исследования предплечье исследуемого плотно закрепляется на горизонтальной подставке, а безымянный и указательный пальцы фиксируются с помощью трубок. Эргографы, изобретенные Дюбуа и Циммерманом, являются модификациями эргографа Моссо. Измерения с эргографом Циммермана проводятся при помощи подставки с отверстием для среднего пальца. На эту подставку рука исследуемого укладывается ладонью вниз. При исследованиях эргографом Дюбуа кисть охватывает неподвижную рукоятку, в результате чего движения совершаются, как и полагается, только указательным пальцем. Общей особенностью всех трёх эргографов является хомут, надеваемый на исследуемый палец, с помощью которого и происходит замер работы мышц-сгибателей пальца. В сравнении с эргометром эргографы обладают недостатком, который заключается в том, что синхронную работу сгибателей пальцев руки измерить невозможно.

# Гладкие мышцы

Делятся на висцеральные (унитарные, нервные окончания имеются на небольшом количестве волокон) и мультиунитарные (ресничная мышца, мышца радужки глаза – имеют иннервацию всех волокон)



# Гладкие мышцы

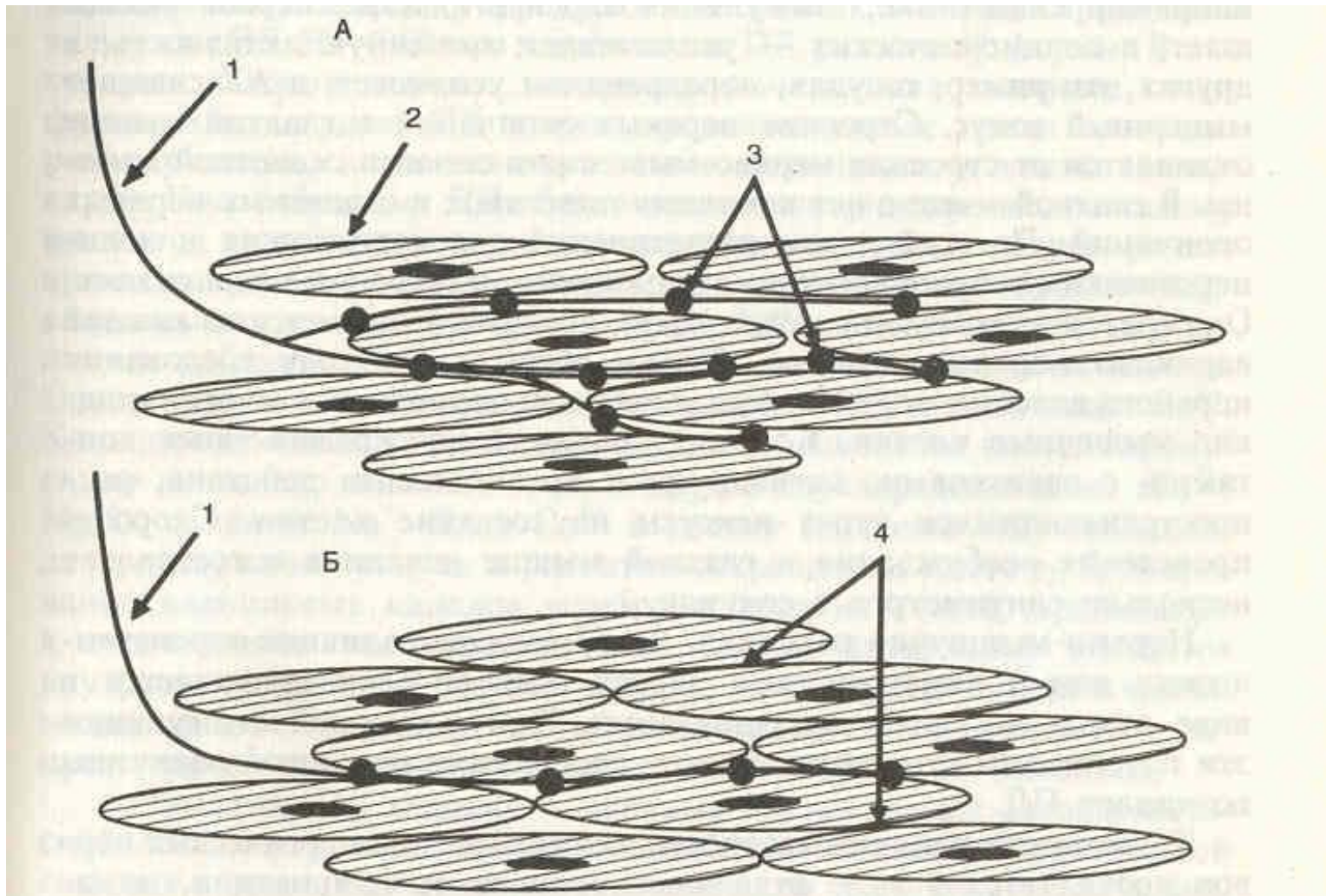


Рис. 2.30. Строение мультиунитарной (А) и висцеральной (Б) гладкой мышцы.

1 — вегетативное нервное волокно; 2 — гладкая мышечная клетка; 3 — варикозные расширения нервных волокон (варикозы); 4 — плотные контакты мембраны соседних гладких мышечных клеток (нексусы).

# Гладкие мышцы

- Клетки веретенообразной формы, длина 100мкм, ширина 3 мкм,
- Мембраны имеют нексусы
- Расположение миофиламентов актина и миозина не упорядочено

# Свойства гладких мышц

1. Двойная иннервация -симпатическая, парасимпатическая
2. Нет концевых пластинок, вместо них утолщения - варикозы
3. Нексусы – передача ПД
4. Возбуждающие влияния -ВПСП, тормозные – ТПСП
5. Тонус связан с спонтанными колебаниями ПП
6. Длительность ПД – 50-250 мс, ионы кальция.
7. Автоматия – пейсмеккерные потенциалы
8. Реакция на растяжение (сокращение)
9. Пластичность – после растяжения напряжение мышцы падает.
0. Связь возбуждения с сокращением (кальмодулин – активировывает киназы миозина – фосфорилирование миозина – сокращение)

# Физиология железистой ткани



# Физиология железистой ткани

1. Гландулоциты
2. Секреция (экзо-, эндо-)
3. Многофункциональность секреции (пищеварение, пот, гуморальная регуляция)

## Секреторный цикл

1. Поступление в клетку веществ (пассивно, активно, эндоцитоз)
2. Синтез секреторного продукта (секрет, экскрет, рекрет)
3. Транспорт секреторного продукта
4. Формирование секреторных гранул
5. Выделение секрета (экзоцитоз)

# Физиология железистой ткани

## Типы выделения секрета:

**Голокриновый** – полное разрушение glanduloцита

**Апокриновый** – отторжение цитоплазматического выступа верхушки glanduloцита

**Мерокриновый** – без повреждения glanduloцита

## Биопотенциалы glanduloцитов:

Мембранный потенциал

Секреторный потенциал

(транспорт секрета к апикальному полюсу)

# Регуляция секреции

Возбуждение, торможение и модуляция секреции

- Нервная (синапсы, медиаторы)
- Гуморальная (гормоны)
- Паракринная (парагормоны, продукты жизнедеятельности)

Первичные месенджеры

(гормоны, медиаторы)

Аденилатциклаза

Гуанилатциклаза

Вторичные месенджеры

цАМФ

цГМФ

Протеинкиназа

Ca<sup>2+</sup> - кальмодулин

