

Физиология нервов и мышц.

Лекция №3

Для медико-профилактического факультета

Кафедра нормальной физиологии им. Н.Ю.Беленкова
доцент Продиус Петр Анатольевич
2013 г.

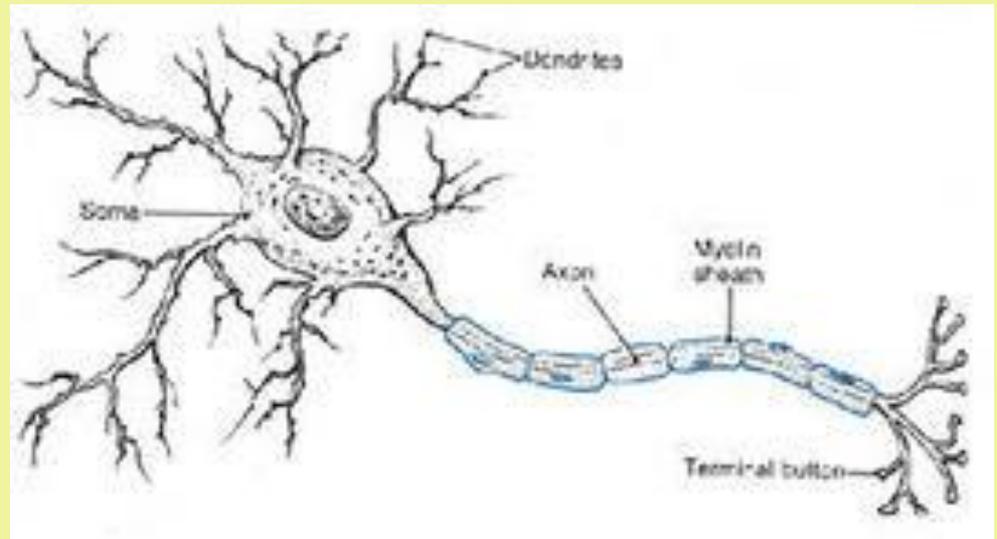
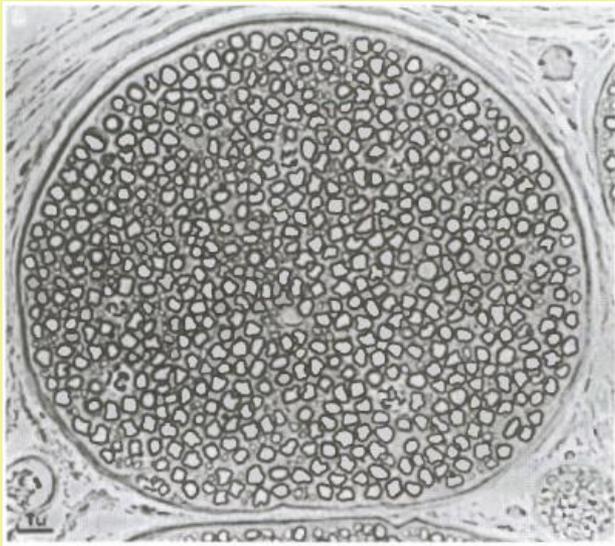
План лекции

- 1. Физиологические свойства нервных проводников. Типы нервных волокон.
- 2. Механизмы и особенности проведения возбуждения по миелинизированным и немиелинизированным нервным волокнам.
- 3. Закономерности проведения возбуждения по нерву.
- 4. Физиологические и физические свойства мышц.
- 5. Механизм мышечного сокращения. Электромеханическое сопряжение.
- 6. Изотоническое и изометрическое сокращение. Одиночное и тетаническое сокращение.
- 7. Понятие о двигательной единице. Сила, работа и утомление мышц.

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВОВ ИЛИ НЕРВНЫХ ПРОВОДНИКОВ

Нервное волокно (нервный проводник) представляет собой отросток нейрона (аксон), заключенный в глиальную оболочку.

Нервные волокна образуют нервные пучки, совокупность которых формирует нервный ствол, или **нерв**.



КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН ПО ЭЛАНГЕРУ-ГАССЕРУ

Тип волокна	Средний диаметр (мкм)	Скорость проведения (м/с)	Функции
A α	15	70-120	Первичные афференты мышечных веретен, двигательные волокна скелетных мышц
A β	8	30-70	Кожные афференты прикосновения и давления
A γ	5	15-30	Двигательные волокна мышечных веретен
A δ	<3	12-30	Кожные афференты температуры, боли
B	3	3-15	Симпатические преганглионарные волокна
C (немиелинизированные)	1	0,5-2	Симпатические постганглионарные волокна. Кожные афференты боли

Законы проведения возбуждения в нервных волокнах

- ***1. Закон двустороннего проведения.***
- ***2. Закон анатомической и физиологической целостности.***
- ***3. Закон изолированного проведения.***
- ***4. Закон бездекрементного проведения.***

Закон двустороннего проведения

- *Возбуждение, возникающее в одном участке нерва, распространяется в обе стороны от места своего возникновения.*
- Это можно доказать, если на нервное волокно наложить регистрирующие электроды на некотором расстоянии друг от друга, а между ними нанести раздражение. Возбуждение зафиксируют электроды по бестороны от места раздражения. В организме возбуждение всегда распространяется по аксону от тела клетки (ортодромно)

Закон анатомической и физиологической целостности

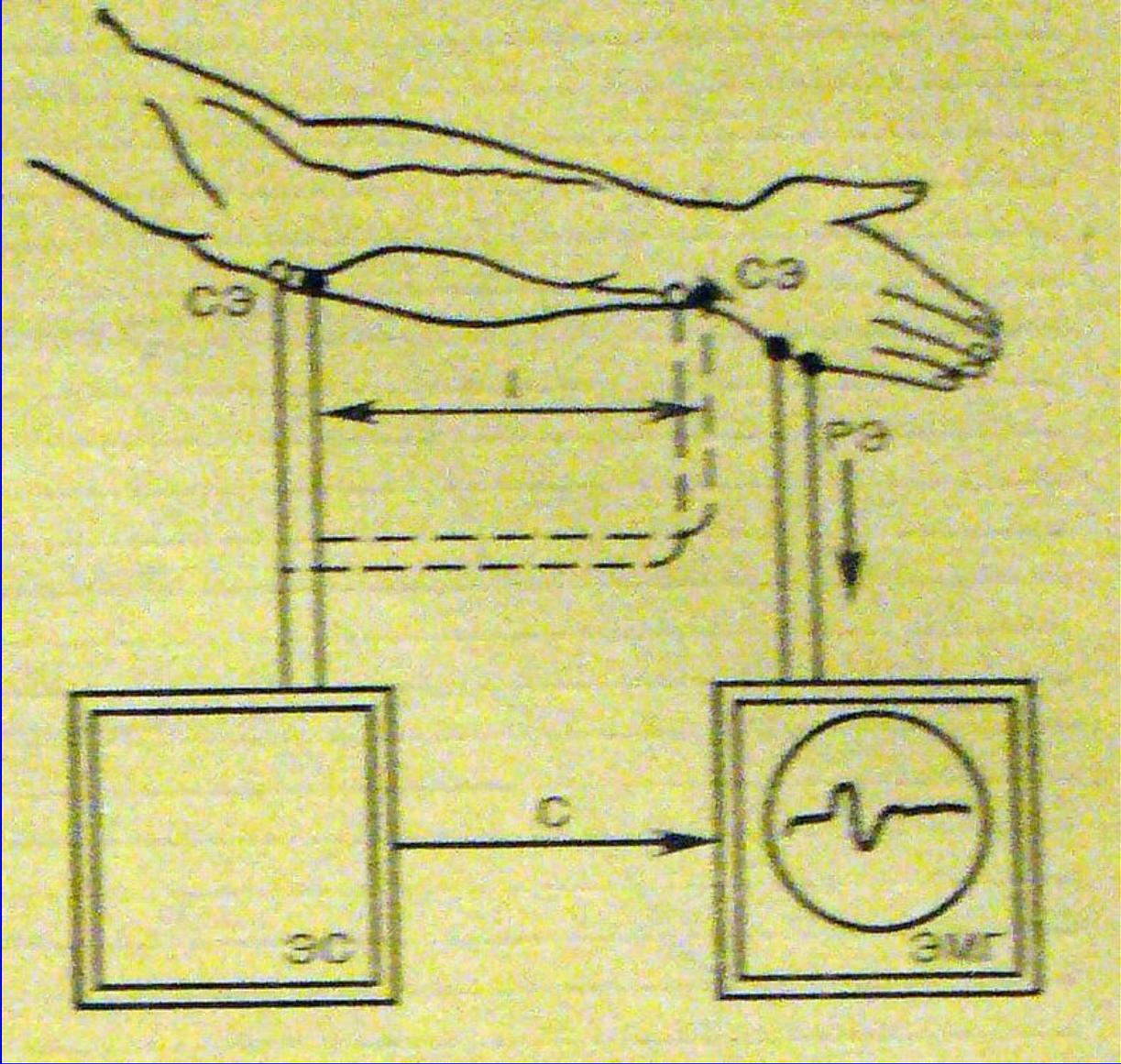
- *Возбуждение может распространяться по нервному волокну только в случае его морфологической и функциональной целостности.*
- Различные факторы, воздействующие на нервное волокно (наркотические вещества, охлаждение и т. д.) приводят к нарушению физиологической целостности, т. е. к **нарушению механизмов передачи возбуждения**. Несмотря на сохранение его анатомической целостности, проведение возбуждения в таких условиях нарушается.

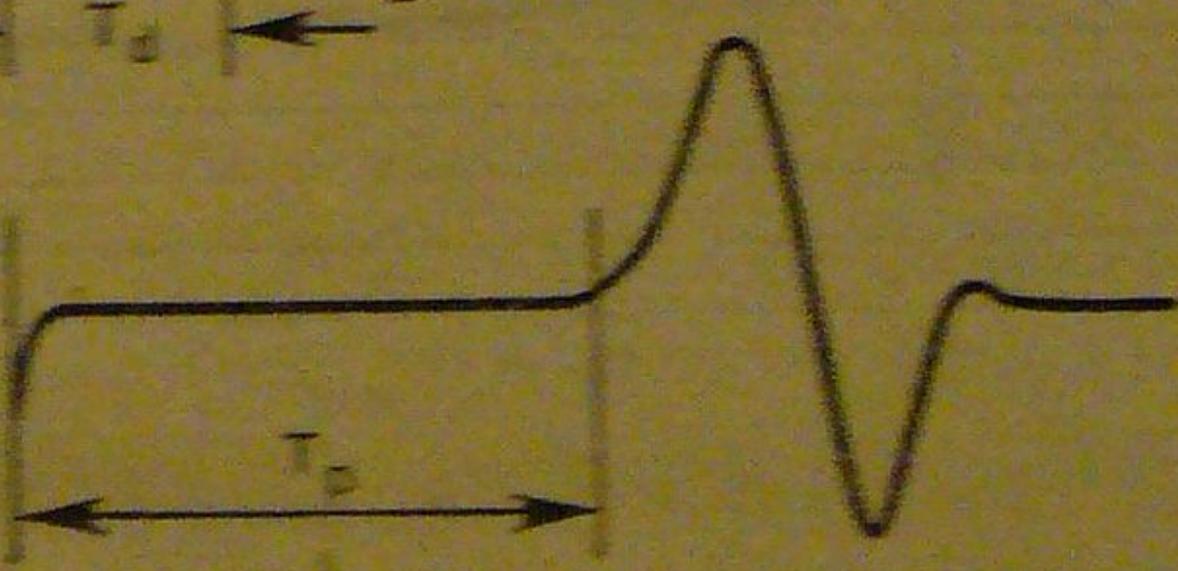
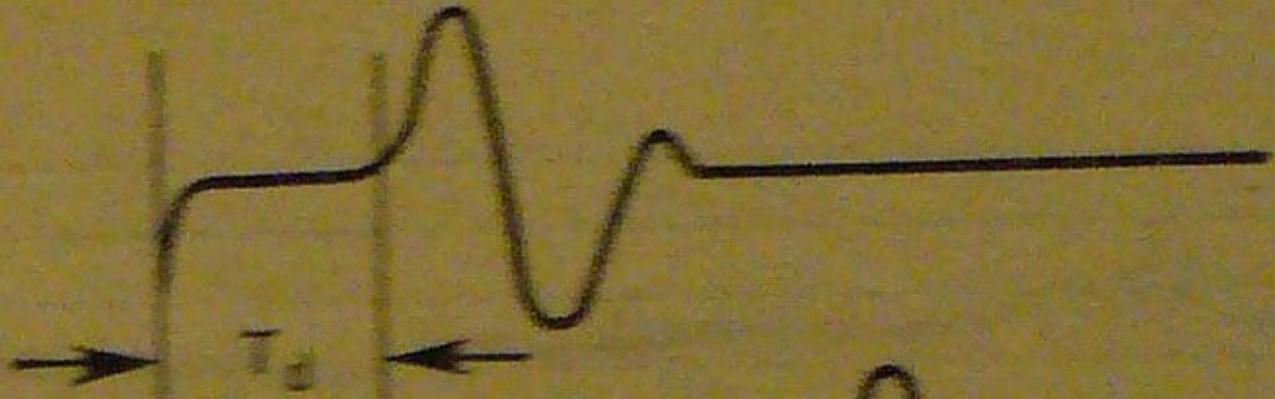
Закон изолированного проведения

- *Возбуждение, распространяющееся по волокну, входящему в состав нерва, не передается на соседние нервные волокна.*
- Способность нервного волокна к изолированному проведению возбуждения обусловлена наличием оболочек, а также тем, что сопротивление жидкости, заполняющей межволоконные пространства, значительно ниже, чем сопротивление мембраны волокна. Поэтому ток, выйдя из возбужденного волокна, шунтируется в жидкости и оказывается слабым для возбуждения соседних волокон.

Закон бездекрементного проведения

- Амплитуда потенциала действия не изменяется с увеличением расстояния от места его возникновения.

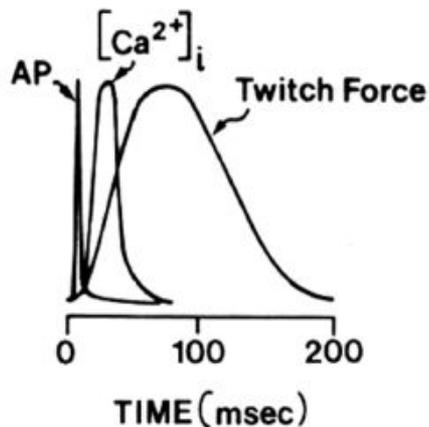
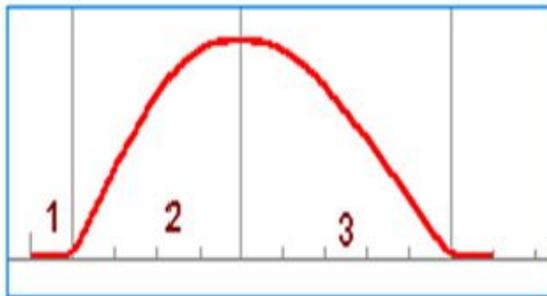




$$V = \frac{L}{T_p - T_d}$$

ВИДЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

1. *Одиночное сокращение;*
2. *Тетаническое сокращение.*

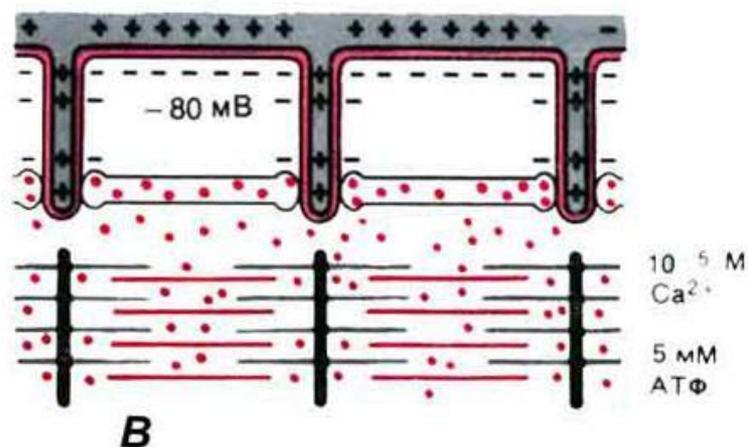
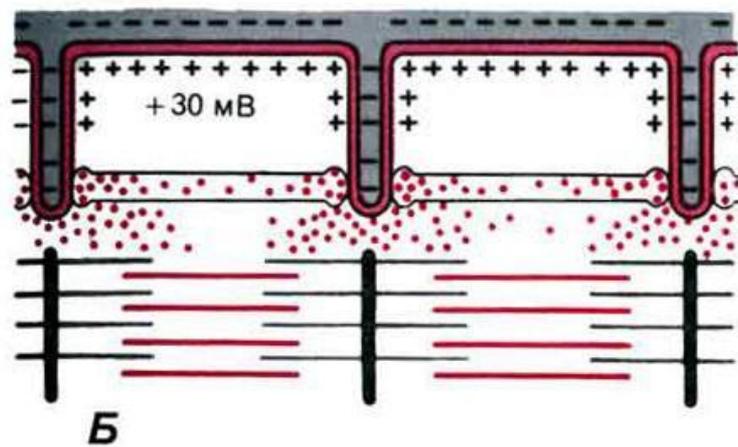
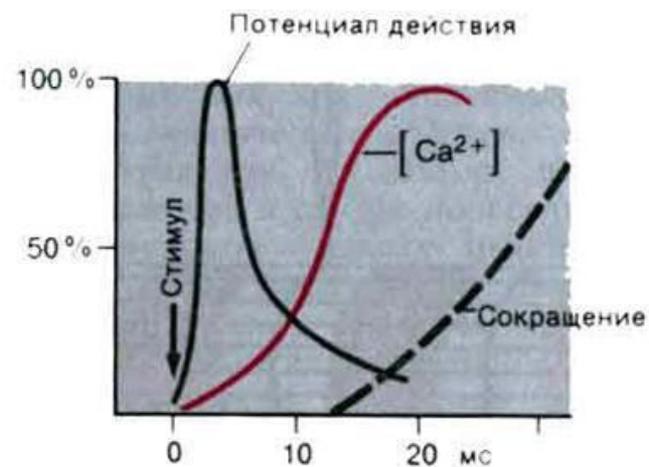
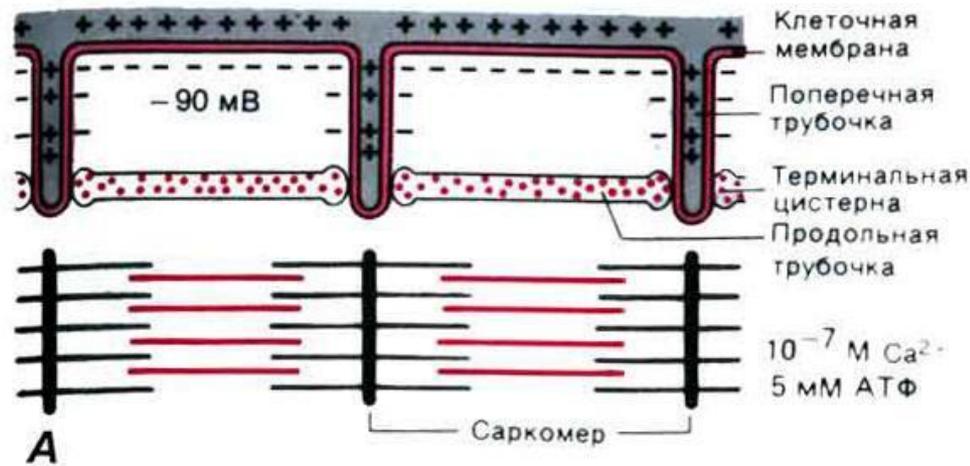


При раздражении одиночным стимулом мышца отвечает одиночным сокращением, в котором выделяют три фазы:

- **1. Латентная** (скрытая) – от начала раздражения до начала укорочения. Она длится около 2,5-10 мс. Именно в этот период происходит генерация ПД и выброс Ca^{2+} из цистерн в саркоплазму мышечного волокна.
- 2. Фаза **укорочения** (напряжения) - до 40 – 50 мс у медленных двигательных единиц.
- 3. Фаза **расслабления** - до 50 – 60 мс.

Механизм мышечного сокращения

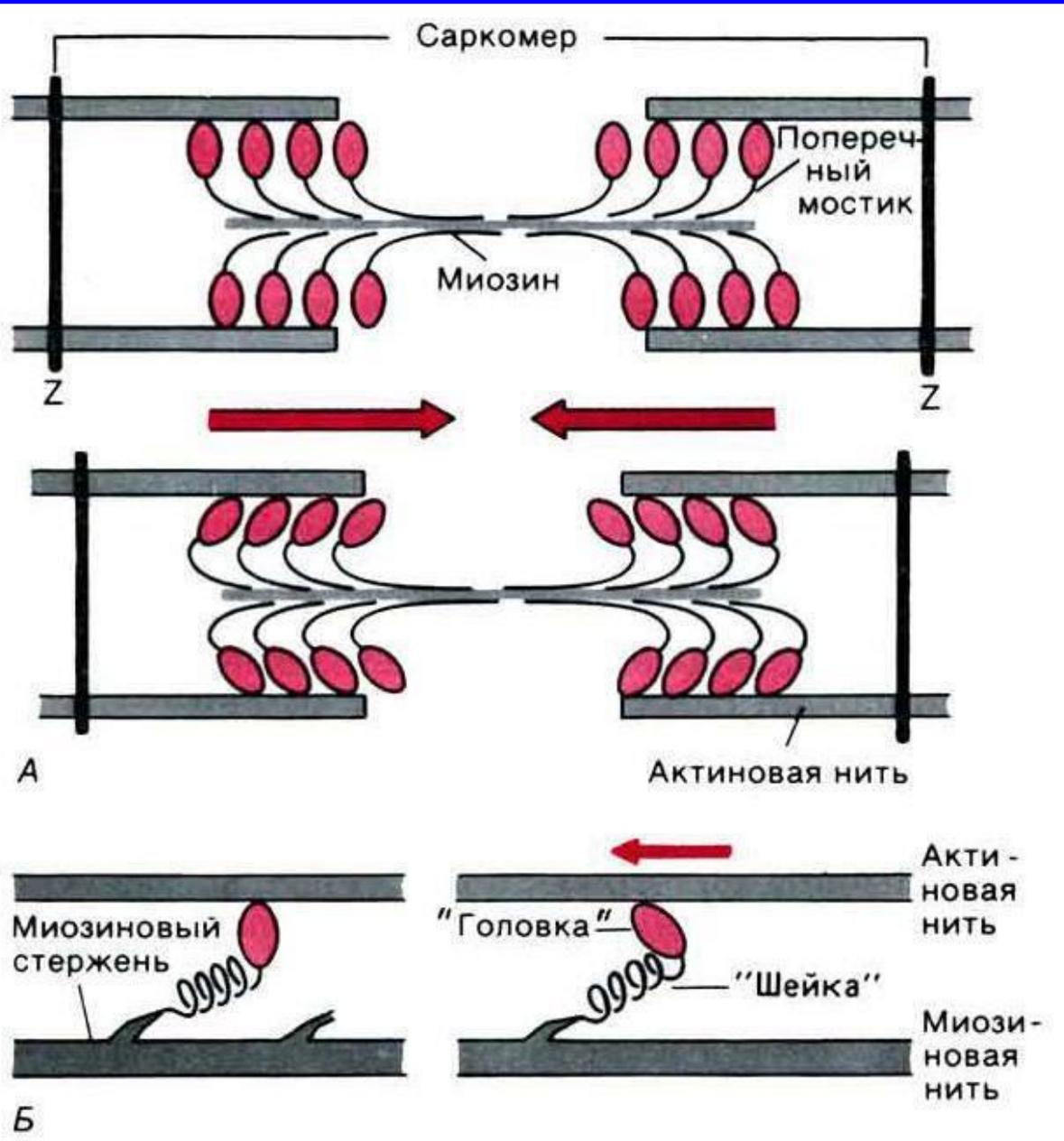
- **Электромеханическое сопряжение.**
- • Распространение ПД по сарколемме в Т-трубочке приводит к активации ее рецепторов дигидропиридина.
- • Сдвиг этих рецепторов открывает Ca^{2+} -канал рецепторов рианодина цистерн саркоплазматической сети.
- • Выход Ca^{2+} из цистерн приводит к увеличению его концентрации в цитозоле с 10^{-7} до $10^{-5}M$.
- • Связывание Ca^{2+} с тропонином увеличивает степень спирализации тропомиозина, что открывает миозинсвязывающие участки актиновых нитей.



Механизм мышечного сокращения

Скольжение нитей {сокращение саркомера}.

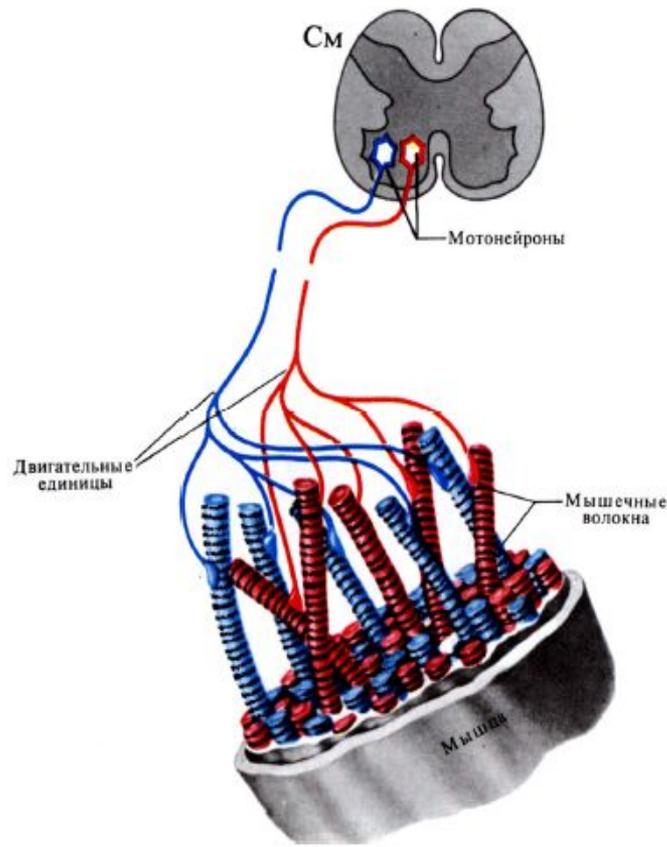
- АТФаза миозиновой головки вызывает гидролиз АТФ до АДФ и неорганического фосфата (P_i), но продолжает удерживать оба продукта. В таком состоянии головка связывается с актиновой нитью, образуя с ней угол **около 90°**.
- Отсоединение АДФ и P_i от головки миозина сопровождается основным выделением свободной энергии (силовой удар). В результате головка поворачивается в шарнирной области **до угла 45°** (наименьшая энергия актомиозиновой связи), осуществляя гребковос движение, что вызывает перемещение актиновой нити вдоль миозиновой на 1 % процент саркомера (примерно на 10 нм).
- Присоединение АТФ к головке миозина уменьшает ее сродство к актиновой нити, что вызывает разъединение актомиозиновых мостиков. Далее головка присоединяется в новом месте - ближе к Z-линии, и цикл повторяется.
- При максимальном сокращении (до 50% длины саркомера) необходимо около 50 циклов образования и разъединения актомиозиновых мостиков.



Механизм мышечного сокращения

- ***Расслабление миофибрилл.***
- Для расслабления миофибрилл необходимы 2 главных условия: наличие достаточного уровня АТФ и низкая концентрации Ca^{2+} (10^{-7} М и ниже) в цитозоле.
- Присоединение АТФ к головкам миозина приводит к разрушению актомиозиновых мостиков.
- Низкий уровень Ca^{2+} создается активацией кальциевого насоса и перемещением в цистерны гладкой ЭПС, где он связывается белком кальсеквестрином.
- Снижение концентрации кальция в цитозоле приводит к блокаде тропомиозином актиновых нитей. Миоцит расслабляется.

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ



Мышцы иннервируются **мотонейронами**. Каждый аксон мотонейрона иннервирует группу мышечных волокон.

- **Мотонейрон вместе с иннервируемыми им мышечными волокнами называется двигательной единицей.**

Количество мышечных волокон колеблется от 10-20 (мышцы глаза, кисти) до 2000 (камбаловидная мышца).

- Различают **быстрые и медленные двигательные единицы**.
- **Время сокращения быстрых двигательных единиц - 10-30 мс, медленных – 100 мс и более.**

ТИПЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

В зависимости от условий, в которых мышца осуществляет сокращение, принято различать следующие типы (режимы):

- 1. **изотоническое** – неизменное напряжение при изменении длины,
- 2. **изометрическое** - неизменная длина при изменении напряжения,
- 3. **смешанное** – *ауксотоническое* или *ауксометрическое*.

В целостном **организме** наблюдаются в основном смешанные сокращения с преобладанием изменения либо длины, либо напряжения

Эргография

