



*Механизмы проведения нервного
импульса по нервным волокнам.
Мионевральный синапс*

ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ

Лекция 4.

Проводимость

- способность проводить возбуждение по ходу нервного волокна в виде потенциала действия.

Типы нервных волокон:

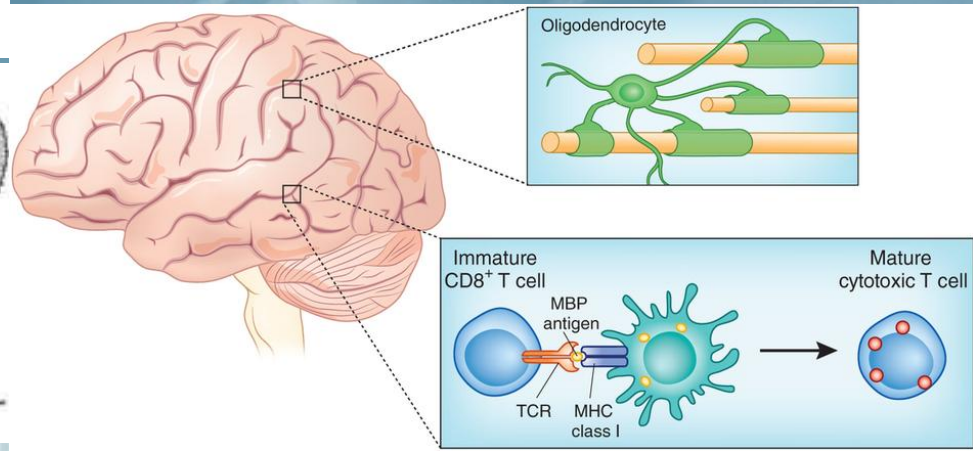
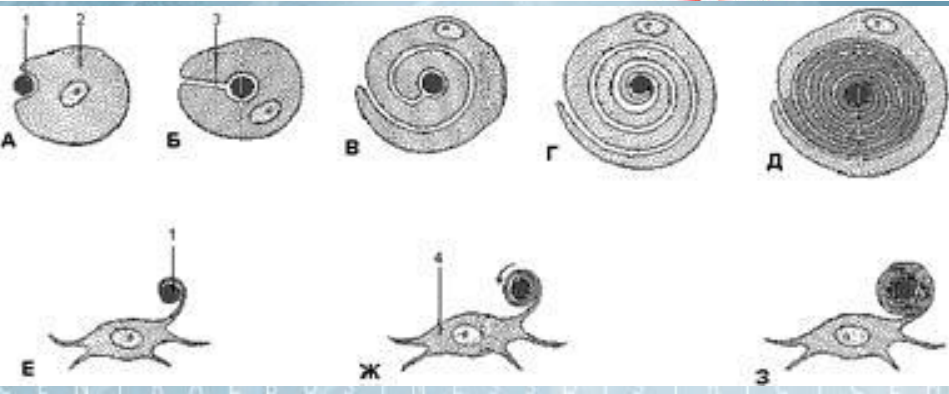
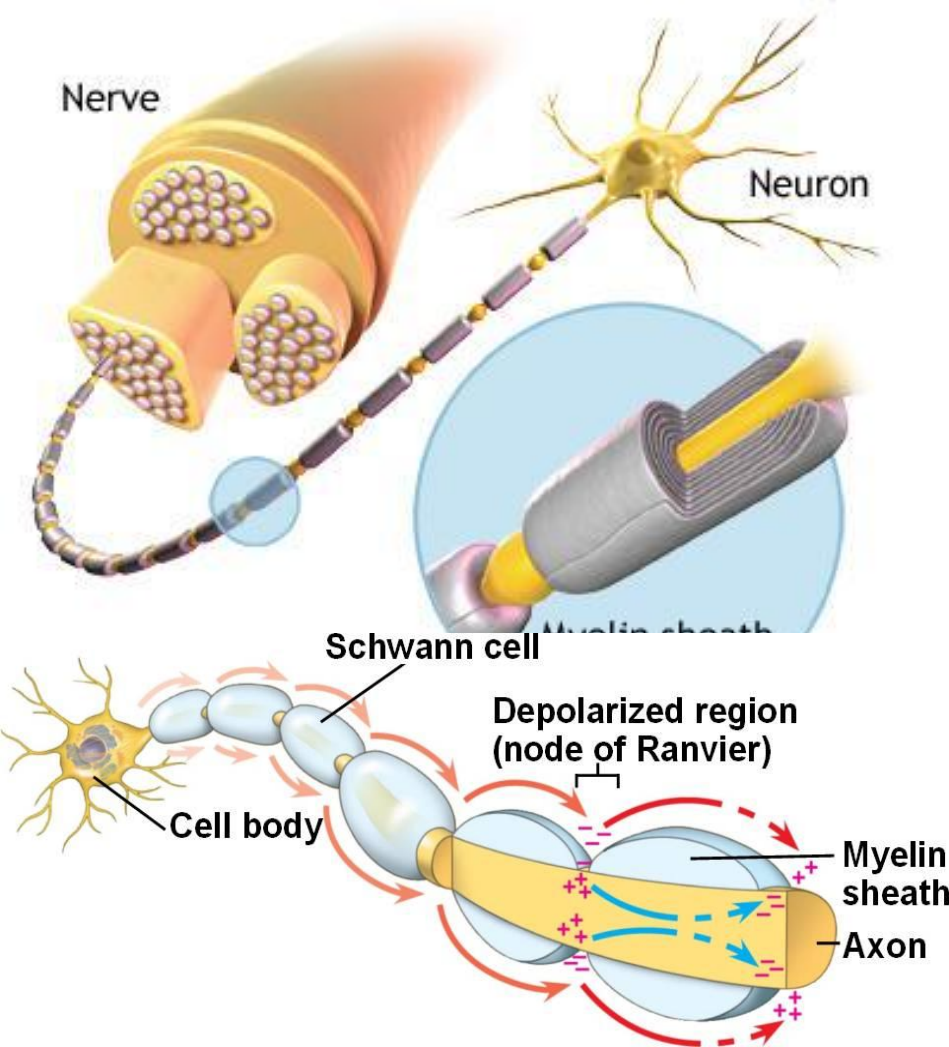
Миелиновые

Немиелиновые



Функции миелиновой оболочки

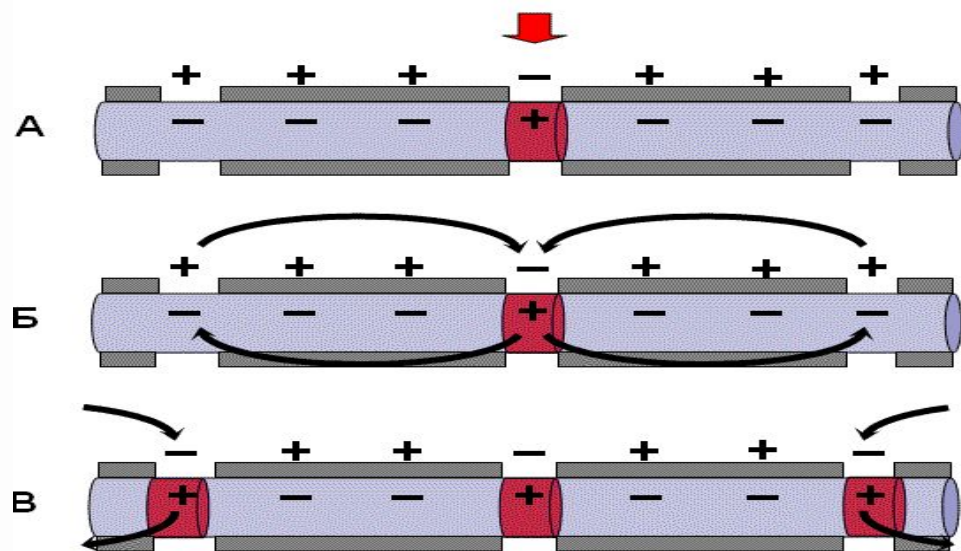
- ✓ Проводниковая;
- ✓ Трофическая;
- ✓ Структурная;
- ✓ Защитная.



Механизм проведения нервного импульса по немиелиновым и миелиновым нервным волокнам



Распространение возбуждения по немиелиновому волокну



Распространение возбуждения по миелиновому волокну

- Преимущества:**
- 1) большая скорость;
 - 2) экономичность.

Скорость проведения возбуждения по нервному волокну зависит от:

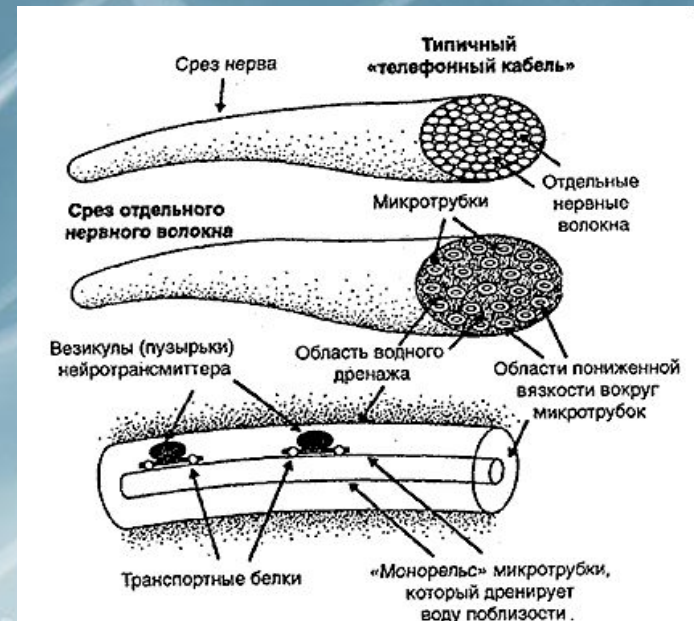
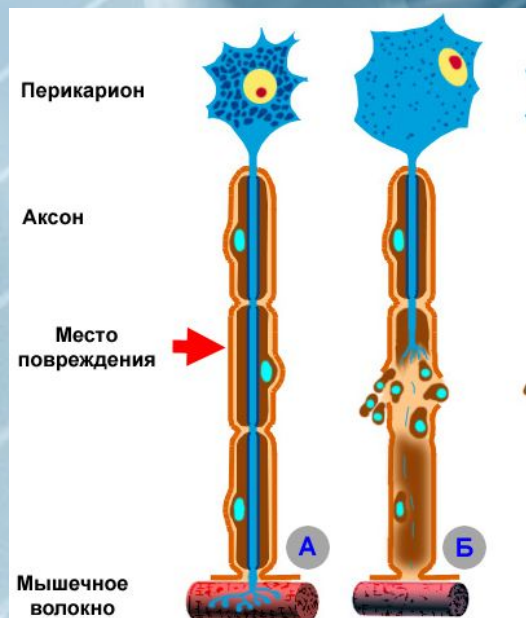
- 1 - строения оболочки;
- 2 - диаметра волокон.

Типы волокон в нервах млекопитающих (по Эрлангеру—Гассеру)

Тип волокон	Диаметр волокна, мкм	Скорость проведения возбуждения, м/с	Длительность абсолютного рефрактерного периода, мс
A α	12–20	70–120	0,4–1,0
A β	5–12	30–70	—
A δ	3–6	15–30	0,4–1,0
A γ	2–5	12–30	—
B	1–3	5–12	1,2
C	0,3–1,3	0,5–2,3	2

Законы распространения возбуждения по нерву

- Закон физиологической целостности;
- Закон двустороннего проведения возбуждения;
- Закон изолированного распространения возбуждения.



Аксонный транспорт - это перемещение по аксону нервной клетки различного биологического материала.

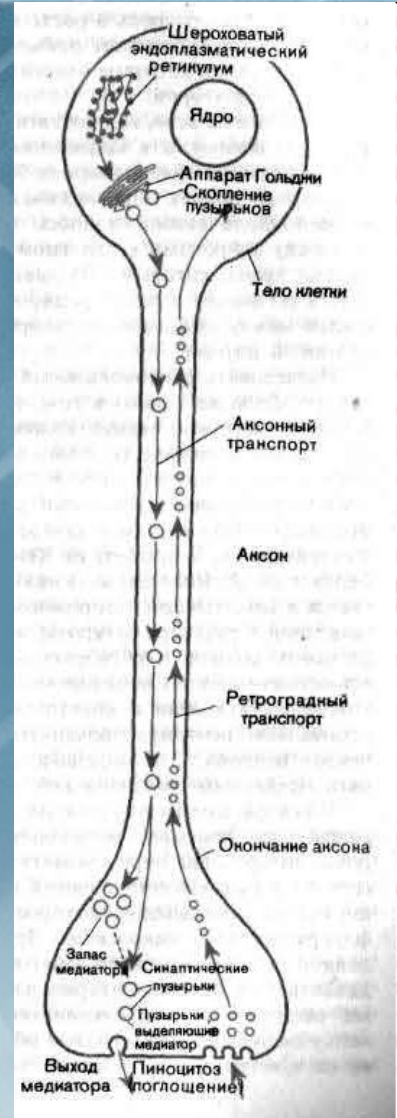
- **Быстрый транспорт (скорость 200—400 мм/сут)**

- прямой - от тела клетки до аксонных окончаний;
- обратный - к телу клетки;

- **Медленный транспорт (скорость 1—2 мм/сут.);**

Значение аксонного транспорта:

- необходим для поддержания структуры нервного волокна;
- необходим для аксонного роста и образования синаптических контактов;
- играет важную роль при регенерации нервных волокон.

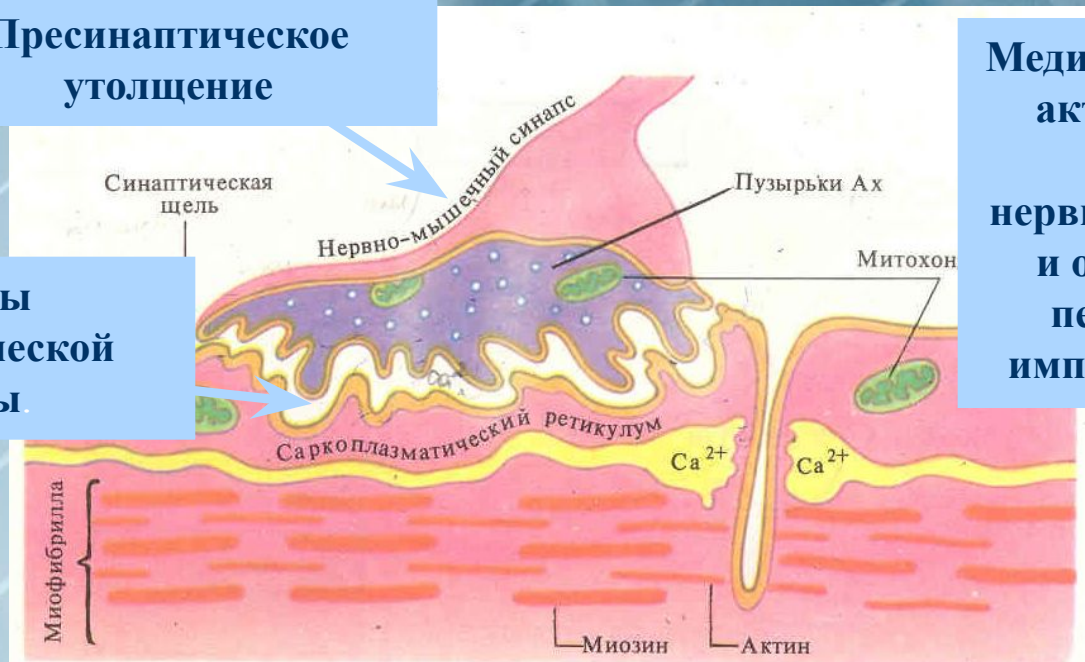


Нервно-мышечный синапс (мионевральный синапс)

— эффекторное нервное окончание на скелетном мышечном волокне.

Пресинаптическое
утолщение

Рецепторы
постсинаптической
мембраны.



Медиатор - биологически активное вещество, секретируемое нервными окончаниями и обуславливающее передачу нервных импульсов в синапсах.

- Пресинаптическая мембрана;
- Синаптическая щель;
- Постсинаптическая мембрана.

Этапы синаптической передачи

1. Молекулы нейромедиатора поступают в синаптические пузырьки, располагающиеся в пресинаптическом утолщении;

2. Деполяризация пресинаптической мембраны;

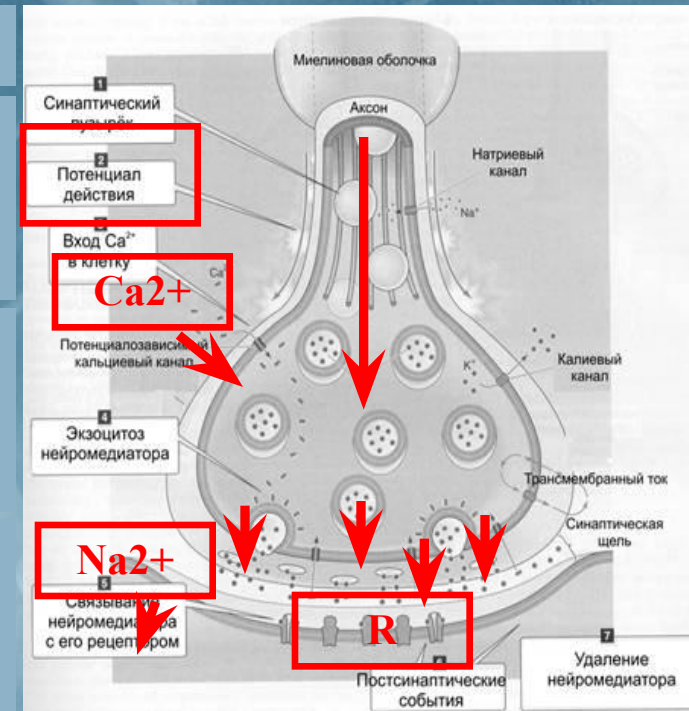
3. Открытие потенциалозависимых Ca^{2+} -каналов, и поступление ионов Ca^{2+} в пресинаптическое утолщение;

4. Движение везикул с нейромедиатором к пресинаптической мембране, слияние с ней и выброс нейромедиаторов в синаптическую щель;

5. Связывание нейромедиаторов со специфичными для них рецепторами постсинаптической мембраны;

6. Открытие Na^+ каналов, деполяризация постсинаптической мембраны, возникновение потенциала действия;

7. Инактивация нейромедиаторов (их ферментное расщепление, обратное поступление нейромедиатора в пресинаптическую мембрану).



Свойства мионеврального синапса

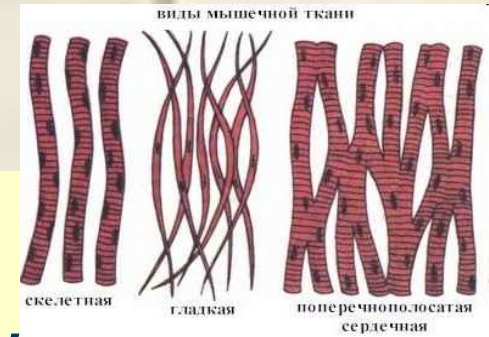
- Синапс проводит возбуждение только **в одном направлении** – в направлении от пресинаптической мембраны к постсинаптической;
- В синапсе имеет место **синаптическая задержка** возбуждения;
- В синапсе отмечается **облегчение** проведения каждого последующего возбуждения;
- При длительном возбуждении синапса в нем может наблюдаться **снижение чувствительности рецепторов** к медиатору, обусловленное закрытием части натриевых каналов, за счет включения системы инактивации;
- В синапсах быстро **развивается процесс утомления**, связанный с быстрым метаболическим истощением запасов медиатора в везикулах пресинаптических утолщений.

ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ



Мышцы

(от лат. *musculus* — мышка, маленькая мышь) — органы тела животных и человека, состоящие из упругой, эластичной мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов.



Типы мышц:

- **скелетные (поперечно-полосатые, исчерченные);**

Функции: двигательная, дыхательная, коммуникативная, терморегуляторная.

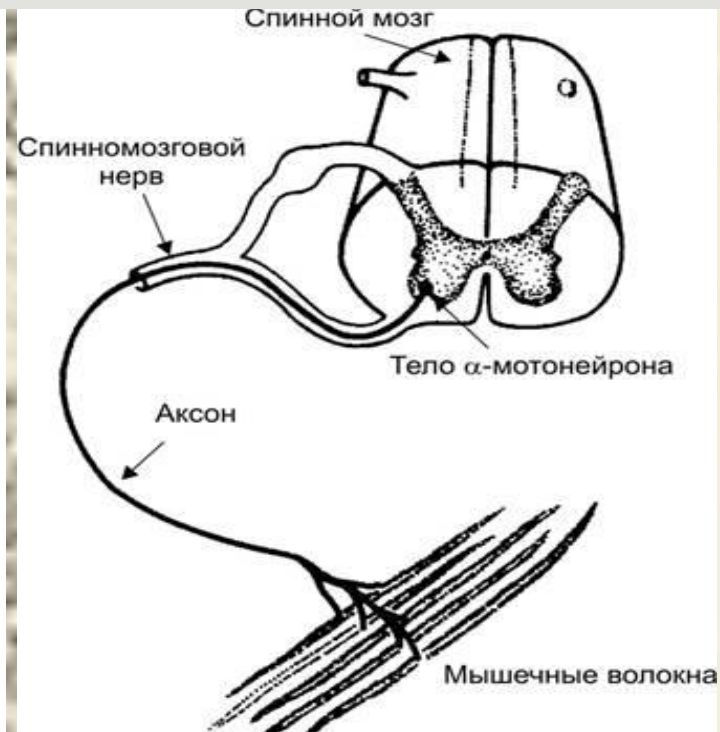
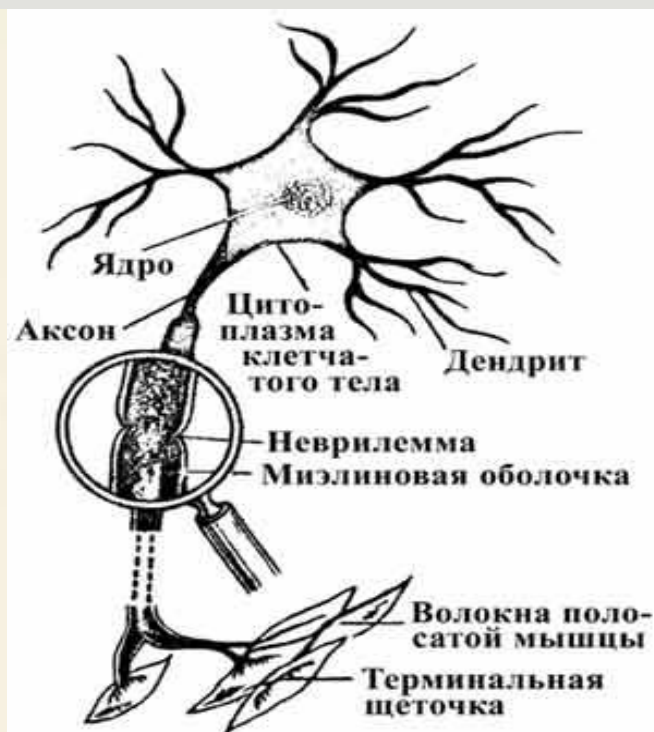
- **гладкие мышцы;**

Функции: обеспечение тонуса полых внутренних органов и сосудов.

- **сердечные мышцы (гемодинамическая функция).**

Нейромоторная единица

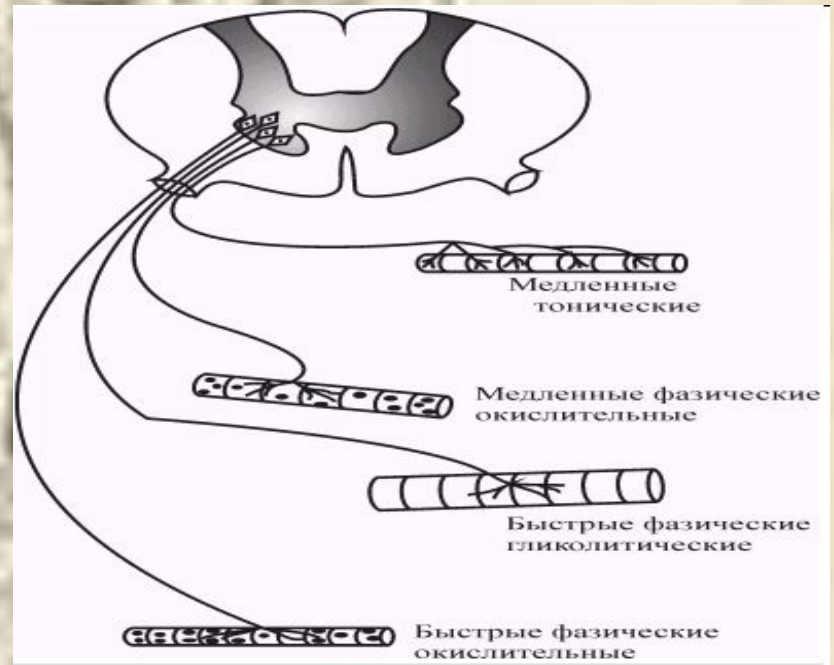
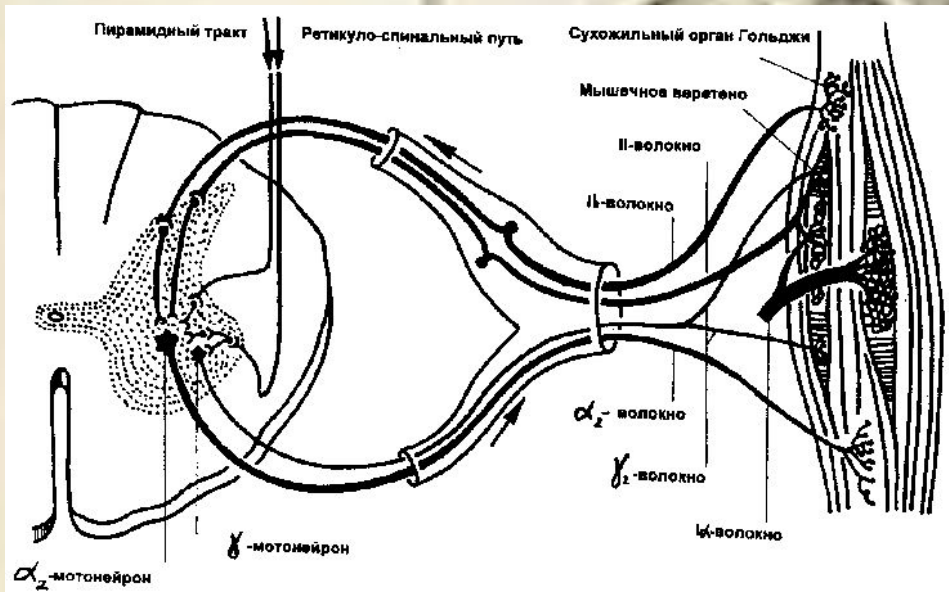
- **нервная клетка** - мотонейроны, тела, которых лежат в передних рогах спинного мозга;
- **аксон мотонейрона** (миелиновые волокна);
- **группа мышечных волокон**, иннервируемые ЭТИМ аксоном.



Виды нейромоторных единиц

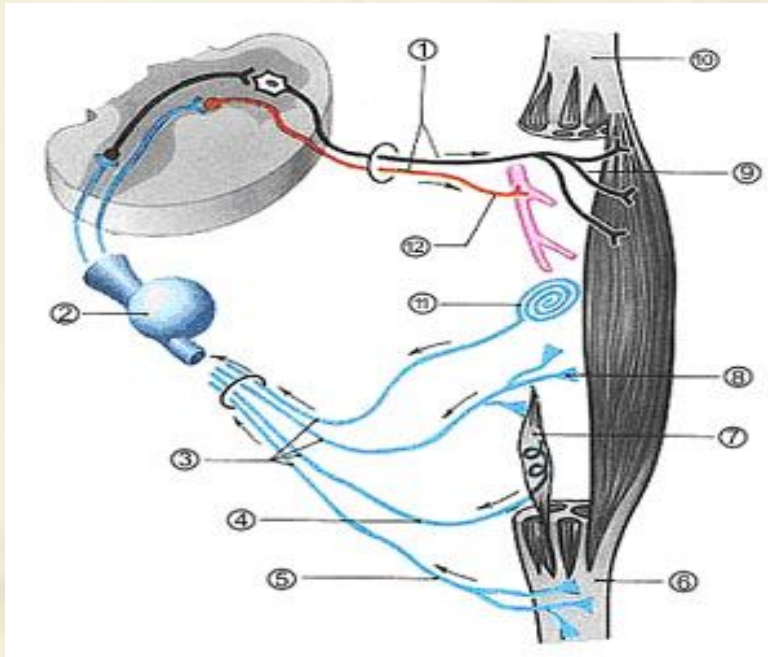
По характеру возбуждения, возникающего в мышечных волокнах:

- **Фазные нейромоторные единицы** (образуются альфа-мотонейронами);
 - быстрые;
 - медленные;
- **Тонические нейромоторные единицы** (образуются гамма-мотонейронами);



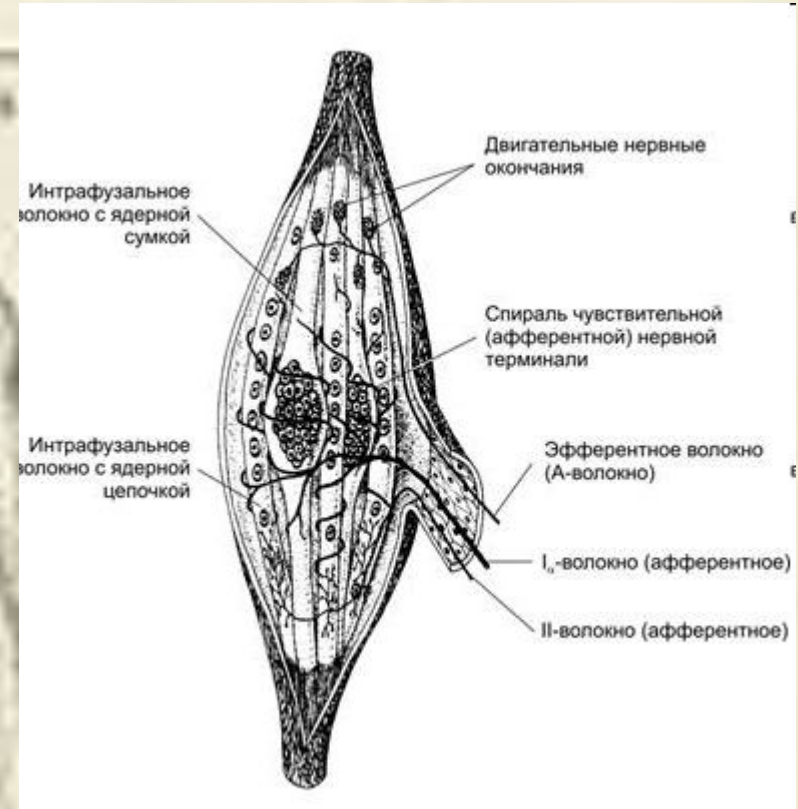
Тонус мышц

- умеренное напряжение мышц, когда они находятся в состоянии относительного покоя.



Иннервация мышц.

1, 12 - эфферентные волокна;
2 - спинальный ганглий;
3 - афферентные волокна, от
интрафузального аппарата (4); от рецептора
Гольджи (5); от сухожилия (6); 7 -
интрафузальное мышечное волокно; 8 -
свободное нервное окончание; 9 - волокна
мотонейрона;
10 - сухожилие.

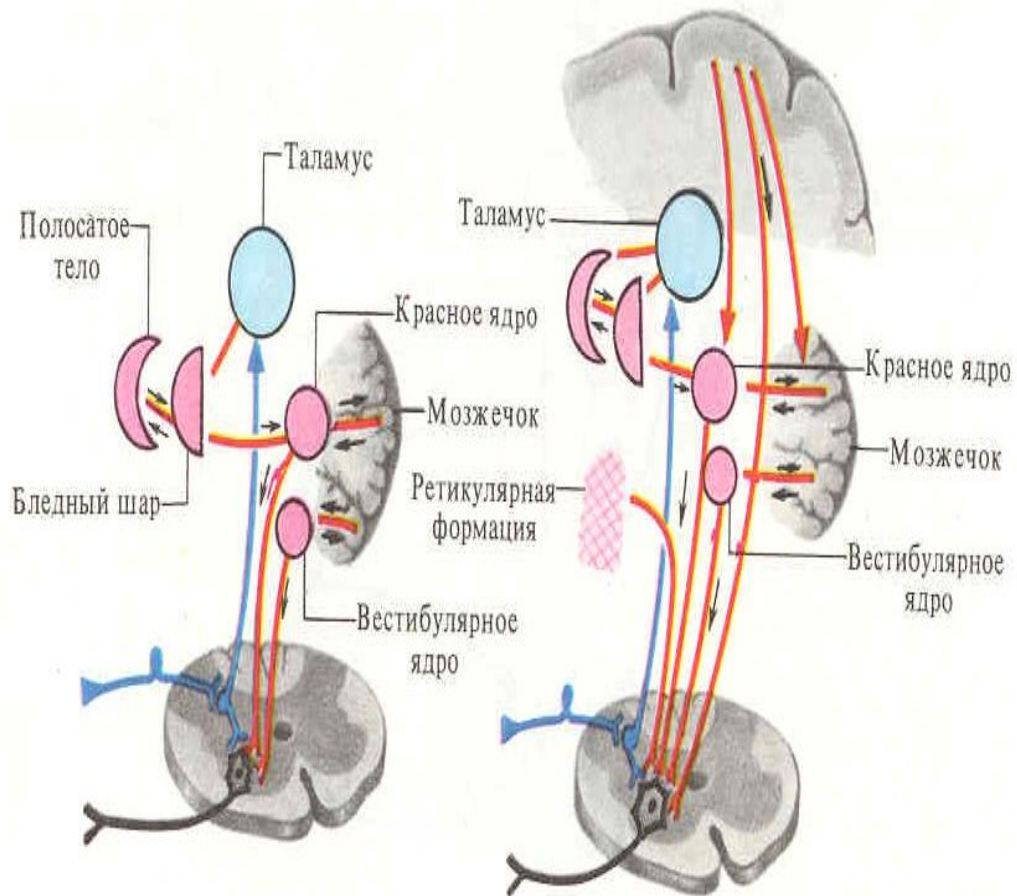
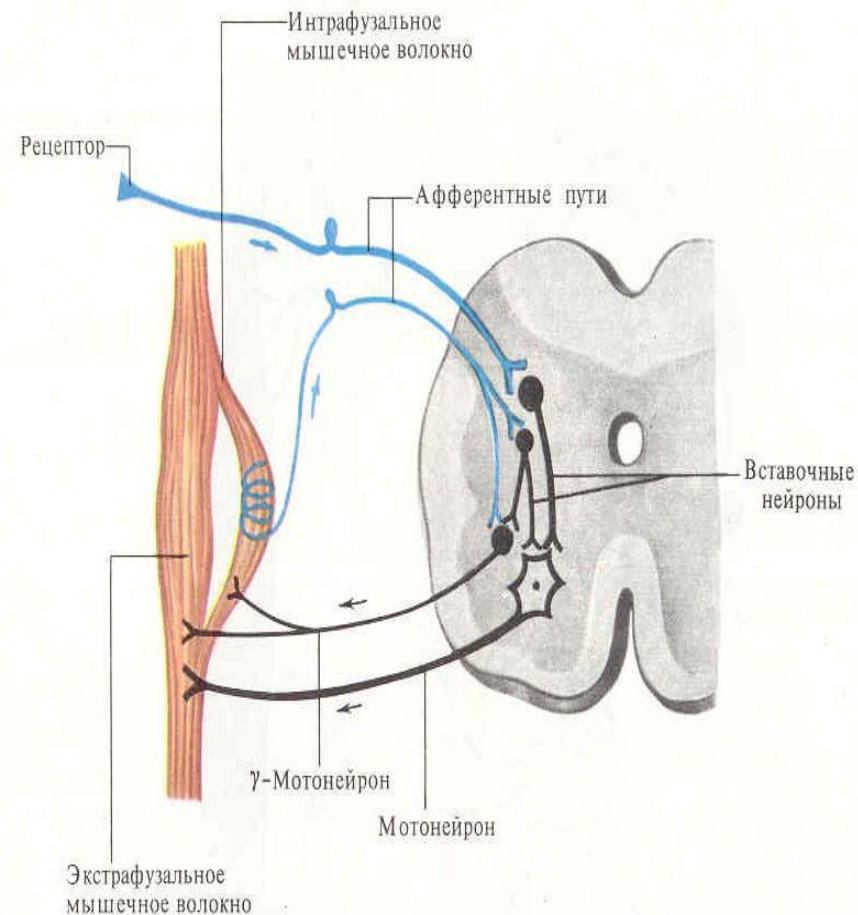


Строение мышечного веретена

Значение мышечных веретен:

- помогает ЦНС определить положение мышцы, сустава
- сигнализирует о влиянии условий окружающей среды

Регуляция тонуса мышц

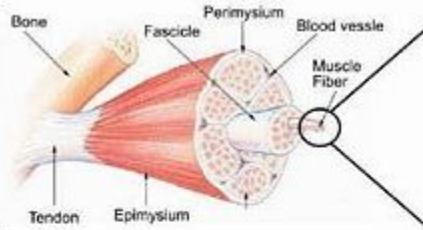


На тонус мышц оказывают влияния импульсы, поступающие из: коры ГМ, базальных ядер, ретикулярной фармации, мозжечка, среднего и продолговатого мозга

Строение скелетной мускулатуры

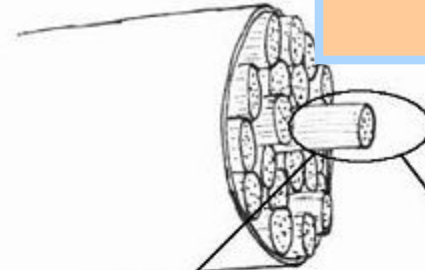


Мышца



Мышечное ВОЛОКНО

Muscle Fiber (single cell, multi-nuclear)



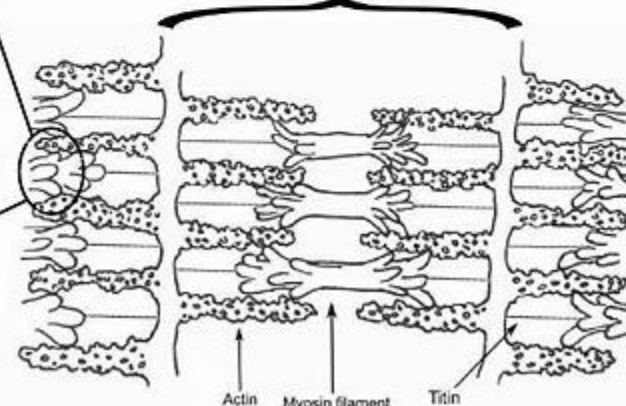
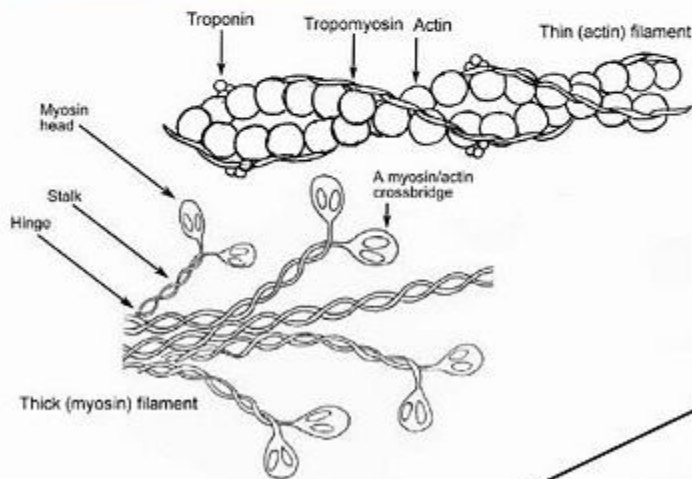
Миофибрилла

A Myofibril

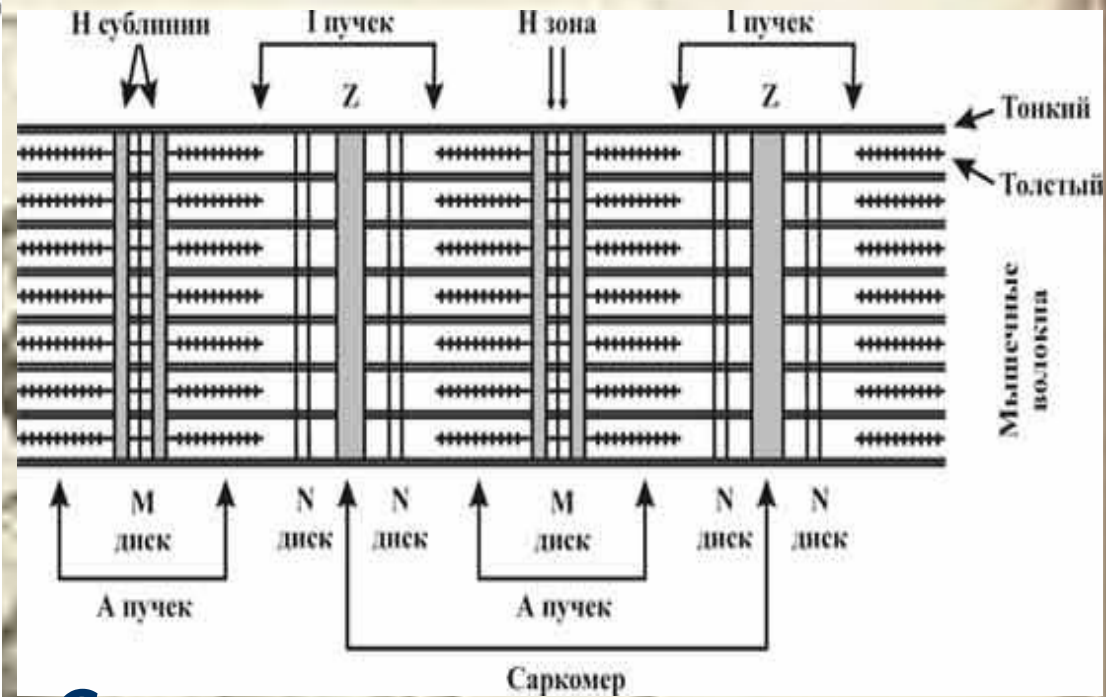
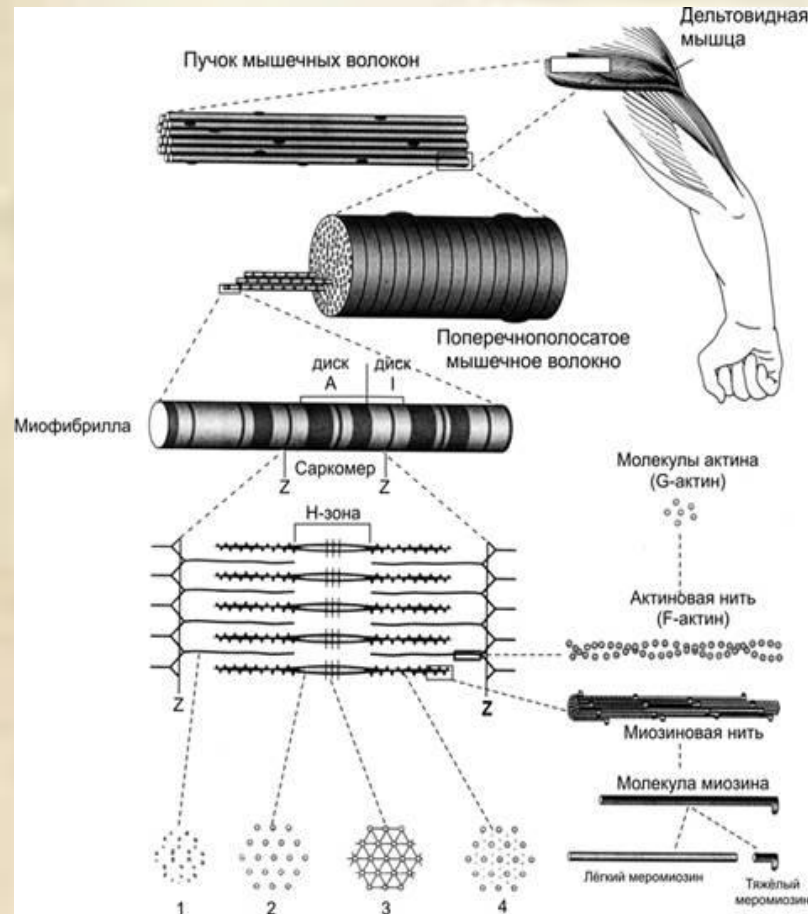


One sarcomere

Миофиламенты



Строение мышечного волокна



Саркомер – структурно-функциональная единица мышечного волокна;

Саркомер = 1А-диск + 2*0,5 I-диска

Строение мышечного волокна



Свойства скелетных мышц

Физические;

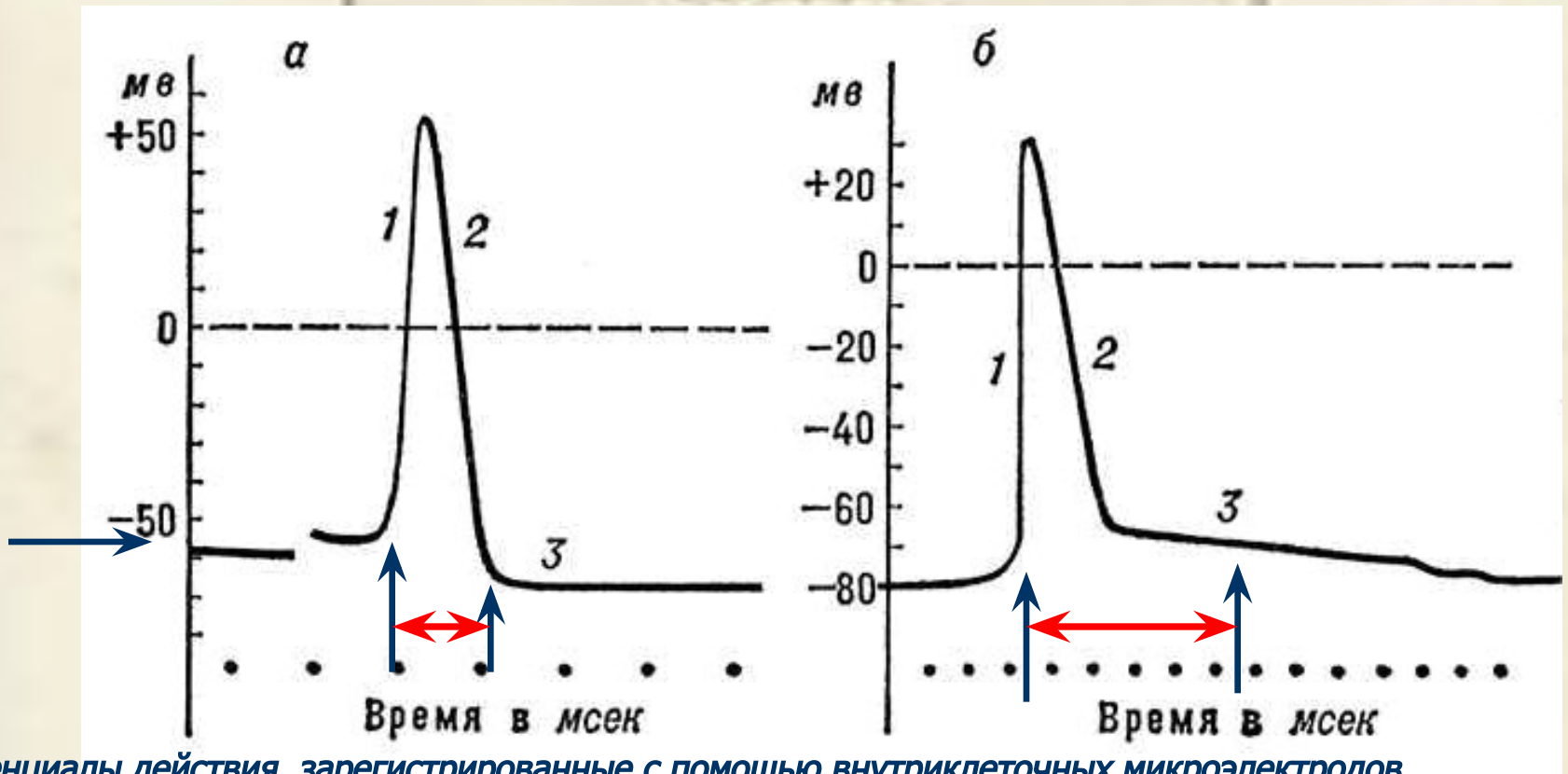
- **Двойное лучепреломление** – способность ткани по разному преломлять солнечные лучи;
- **Растяжимость** – способность ткани растягиваться;
- **Эластичность** – способность ткани после растяжения мышца приходит в исходное положение;
- **Упругость** – способность ткани после сжатия приходит в исходное состояние;
- **Пластичность** – способность ткани некоторое время сохранять приданную ей искусственную форму.

Физиологические;

- **Возбудимость** – свойство клеточных мембран отвечать на действие раздражителя изменением ионной проницаемости мембраны и формированием возбуждения;
- **Проводимость** – способность мышцы проводить возбуждение вдоль и вглубь мышечного волокна;
- **Сократимость** - способность мышцы при действии раздражителя изменять свою длину или тонус.

Физиологические свойства скелетных мышц

• Возбудимость скелетной мышцы

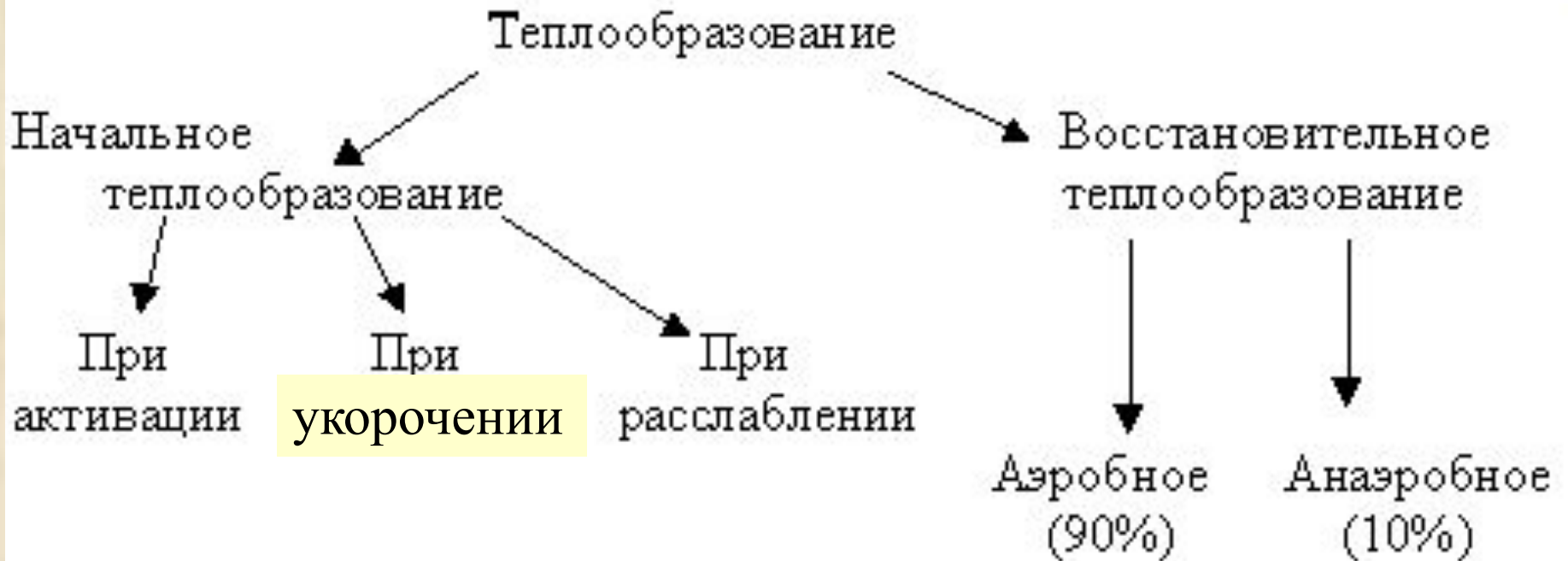


Потенциалы действия, зарегистрированные с помощью внутриклеточных микроэлектродов.

а — ПД гигантского аксона кальмара; б — ПД скелетного мышечного волокна;

1 — восходящая фаза ПД; 2 — нисходящая фаза; 3 — следовая гиперполяризация (а) и следовая деполяризация (б).

Различные фазы теплообразования в мышцах

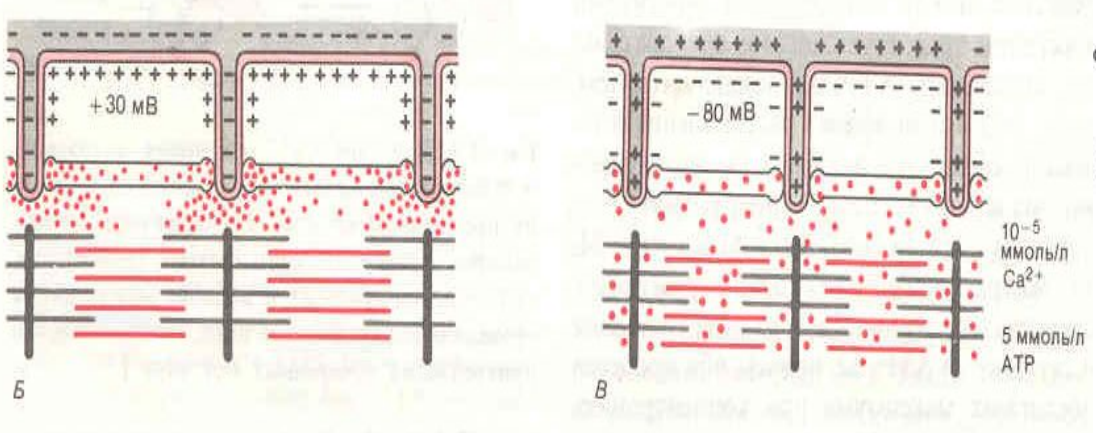
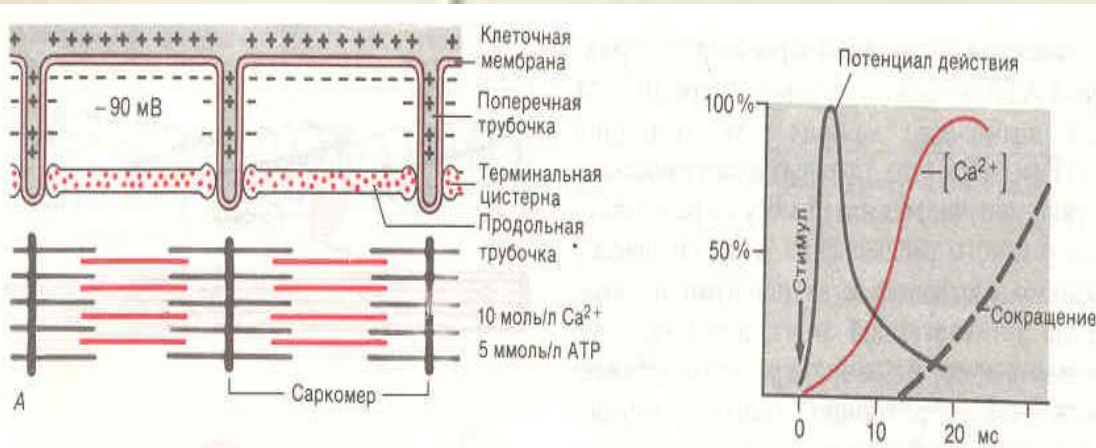


30-40%

60-70%

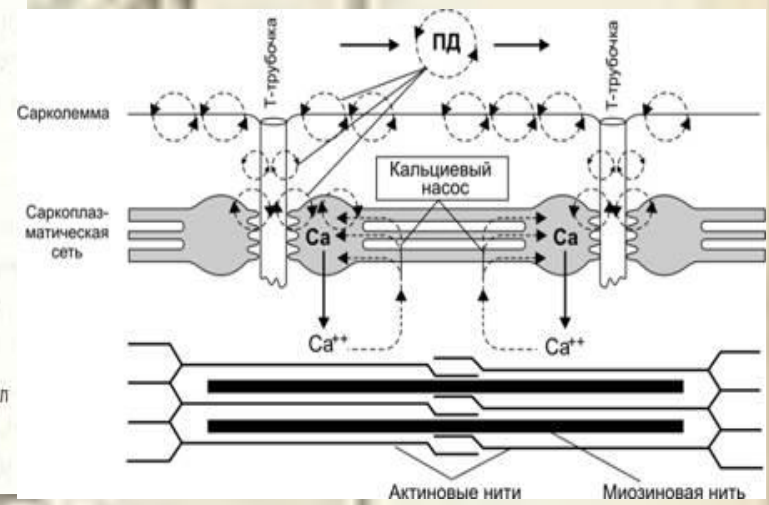
Физиологические свойства скелетных мышц

• Проводимость скелетной мышцы



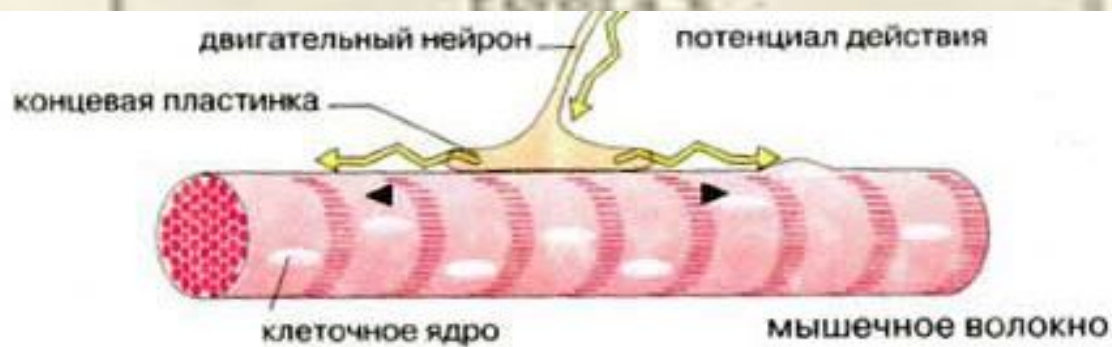
Проводящая система мышцы:

- Сарколемма;
- Поперечные трубочки;
- Саркоплазматический ретикулум.

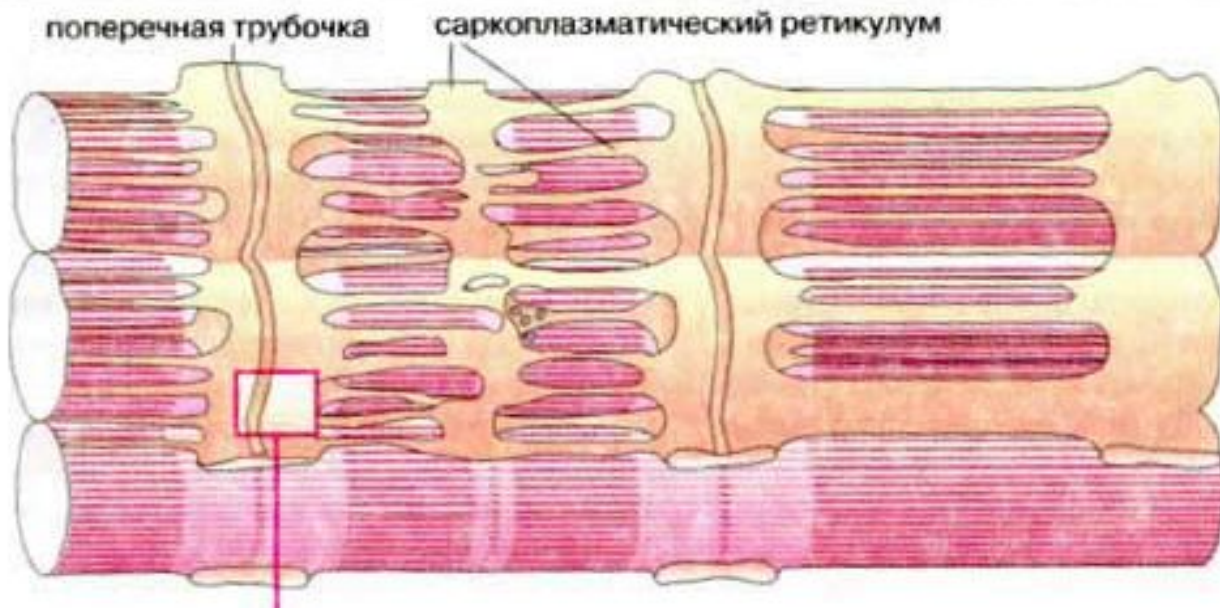


Физиологические свойства скелетных мышц

- Проводимость скелетной мышцы

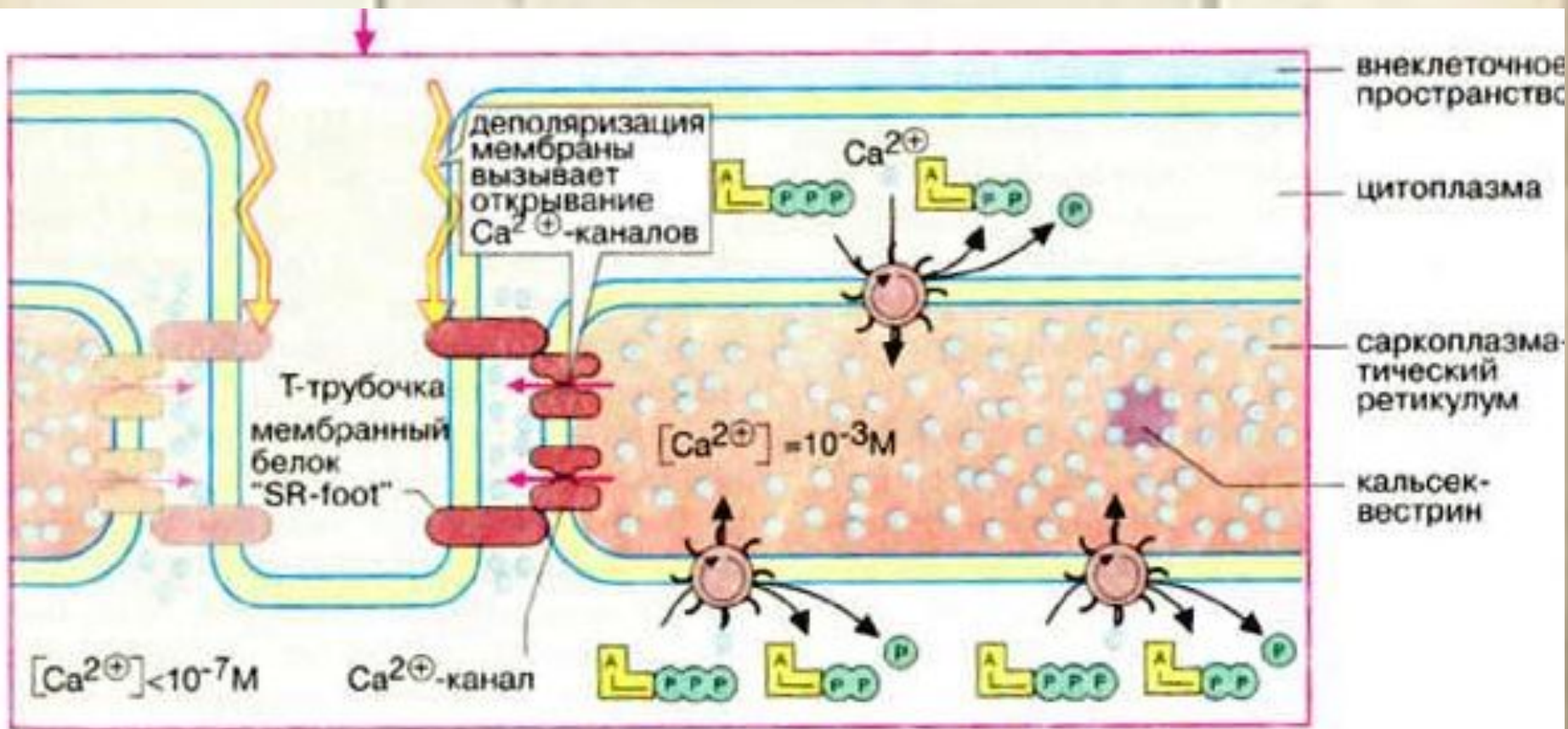


А. Электромеханическое сопряжение



Физиологические свойства скелетных мышц

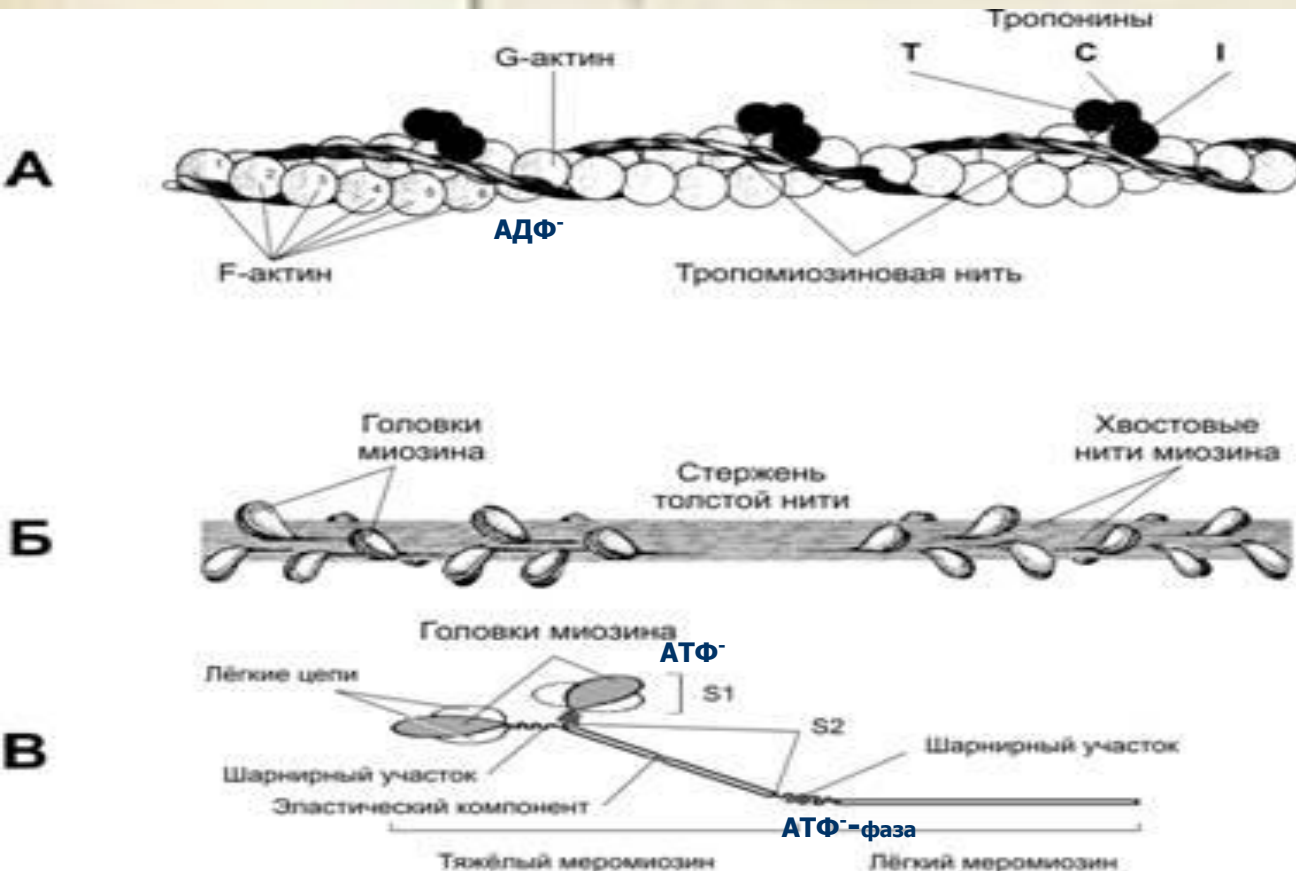
• Проводимость скелетной мышцы



Б. Саркоплазматический ретикулум

Физиологические свойства скелетных мышц

• Сократимость скелетной мышцы



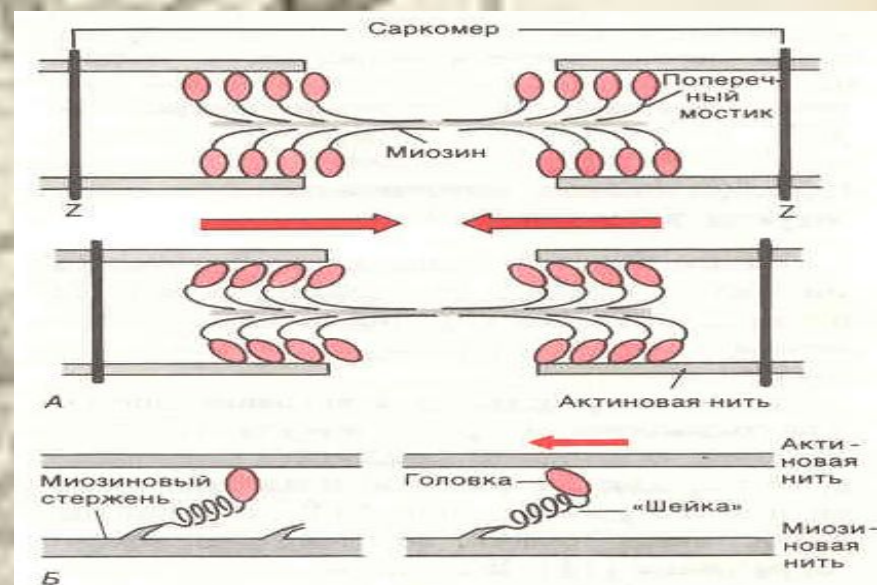
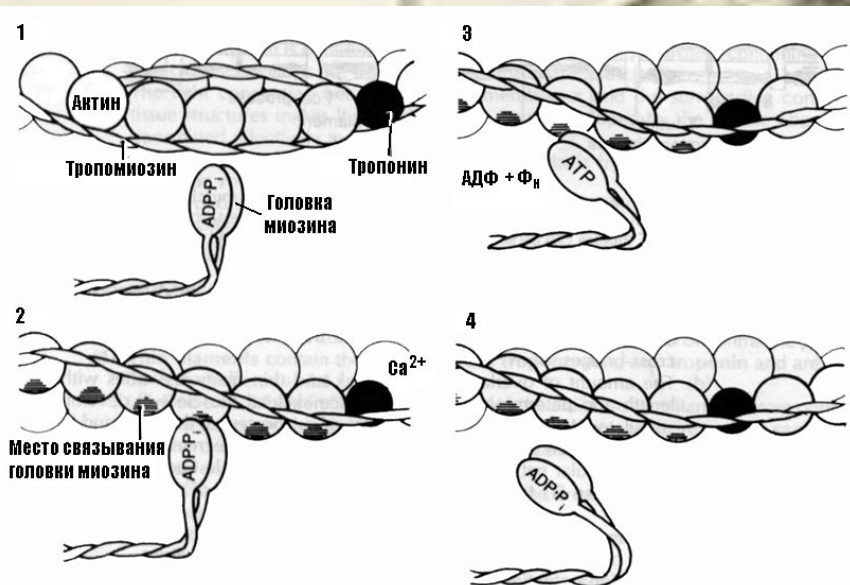
А – строение актиновой нити;

Б – строение миозиновой нити;

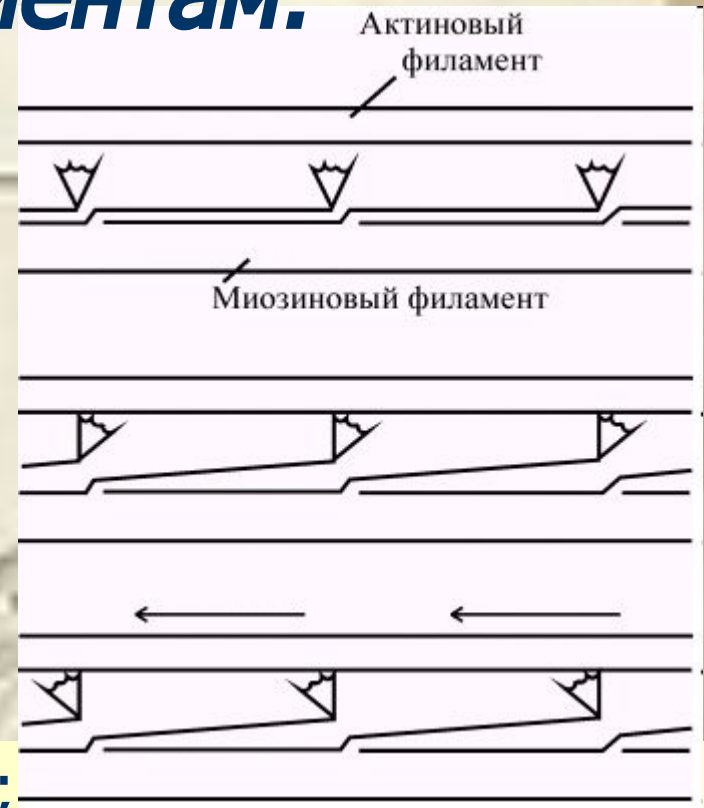
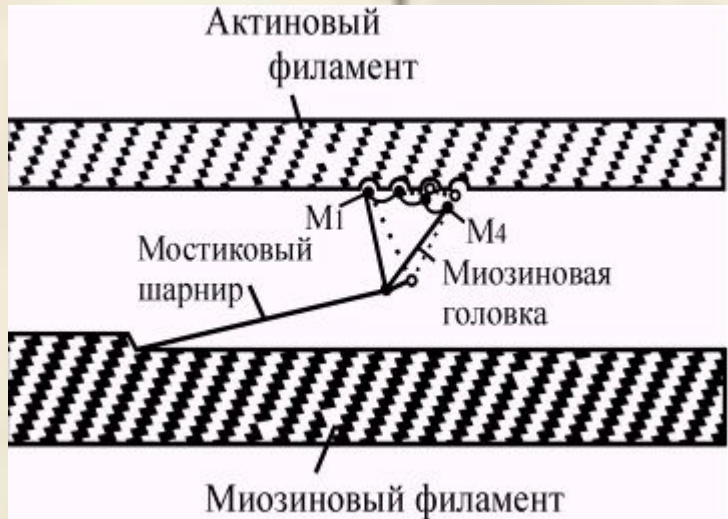
В – строение молекулы миозина.

Последовательность этапов мышечного сокращения

- (1) деполяризация постсинаптической мембраны и генерация ПД;
- (2) распространение ПД по сарколемме МВ;
- (3) передача сигнала в проводящих триадах на саркоплазматический ретикулум;
- (4) выброс Ca^{2+} из саркоплазматического ретикулума;
(задачи Ca - открытия активного центра актиновых нитей, смена заряда молекулы АТФ с отрицательного на положительный, активация фермента АТФазы);
- (5) связывание Ca^{2+} тропонином С тонких нитей;
- (6) взаимодействие тонких и толстых нитей (формирование мостиков) появление тянущего усилия и скольжение нитей относительно друг друга;
- (7) Цикл взаимодействия нитей;
- (8) укорочение саркомеров и сокращение МВ;
- (9) расслабление.



Последовательность процессов прикрепления миозиновых мостиков к актиновым филаментам:



- расслабленное состояние (вверху);
- прикрепление миозиновых головок к актину (в середине);
- вращение головки, тянущее актиновый филамент (внизу) и заставляющее его скользить вдоль миозинового. Здесь показано синхронное действие поперечных мостиков, но в действительности оно происходит асинхронно. (Huxley, 1969).

Роль Ca^{2+} и АТФ в процессе мышечного сокращения:

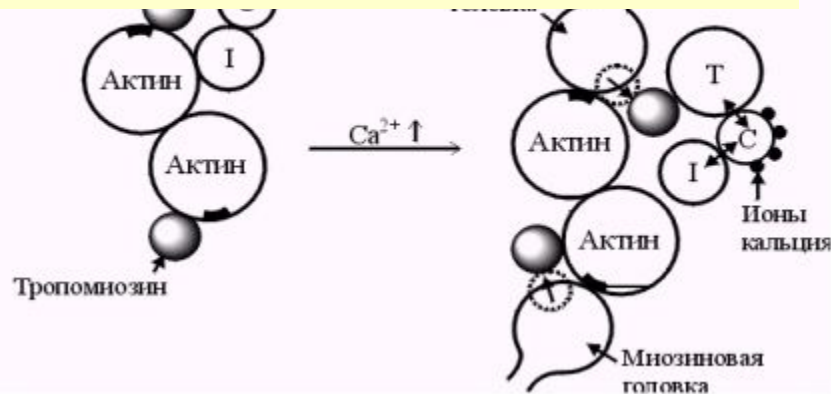
Ca^{2+} :

- Связываясь с тропонином С тонких нитей, открывает их активные центры;
- Меняет заряд на АТФ;
- Активирует АТФ-азу.

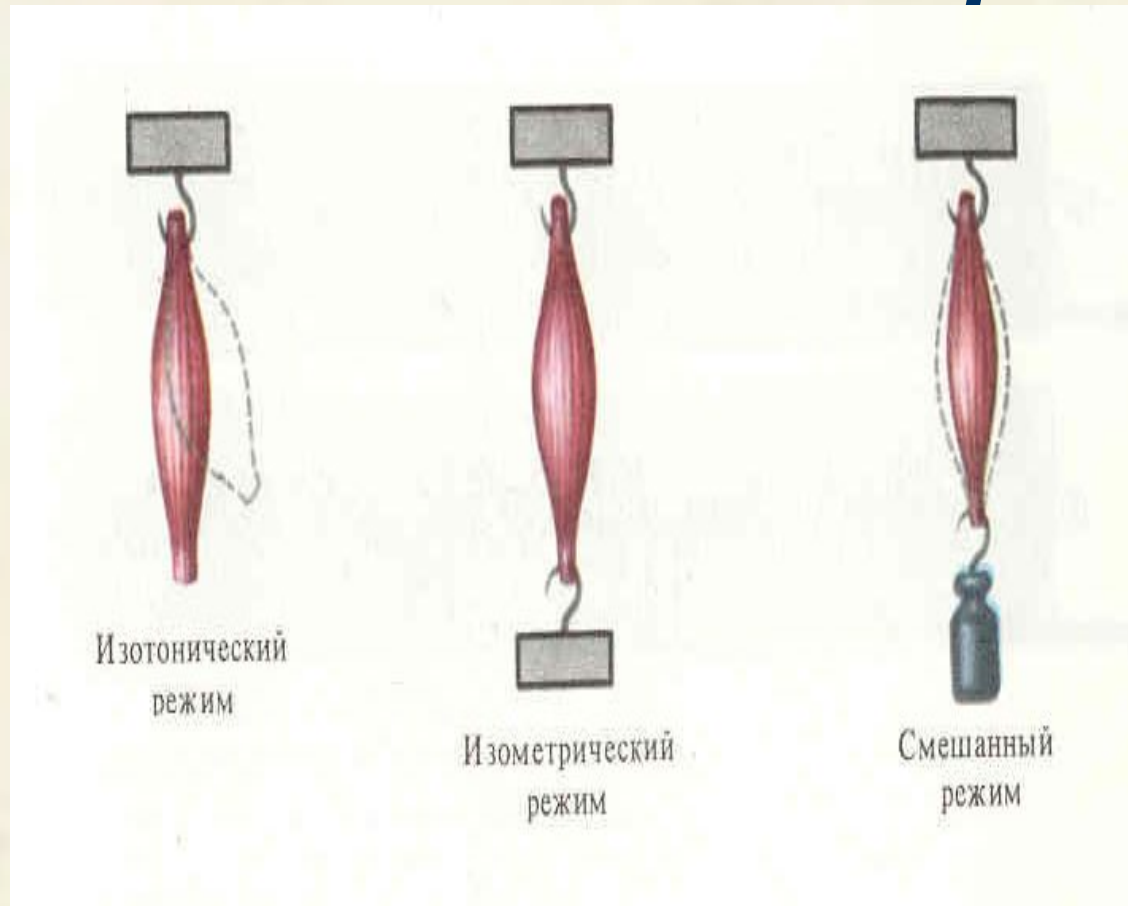
АТФ необходим для:

- Сокращения (образования мостиков);
- Расслабления (разрыва мостиков);
- Работы Са-насоса;
- Работы Na, K-насоса.

расслабление



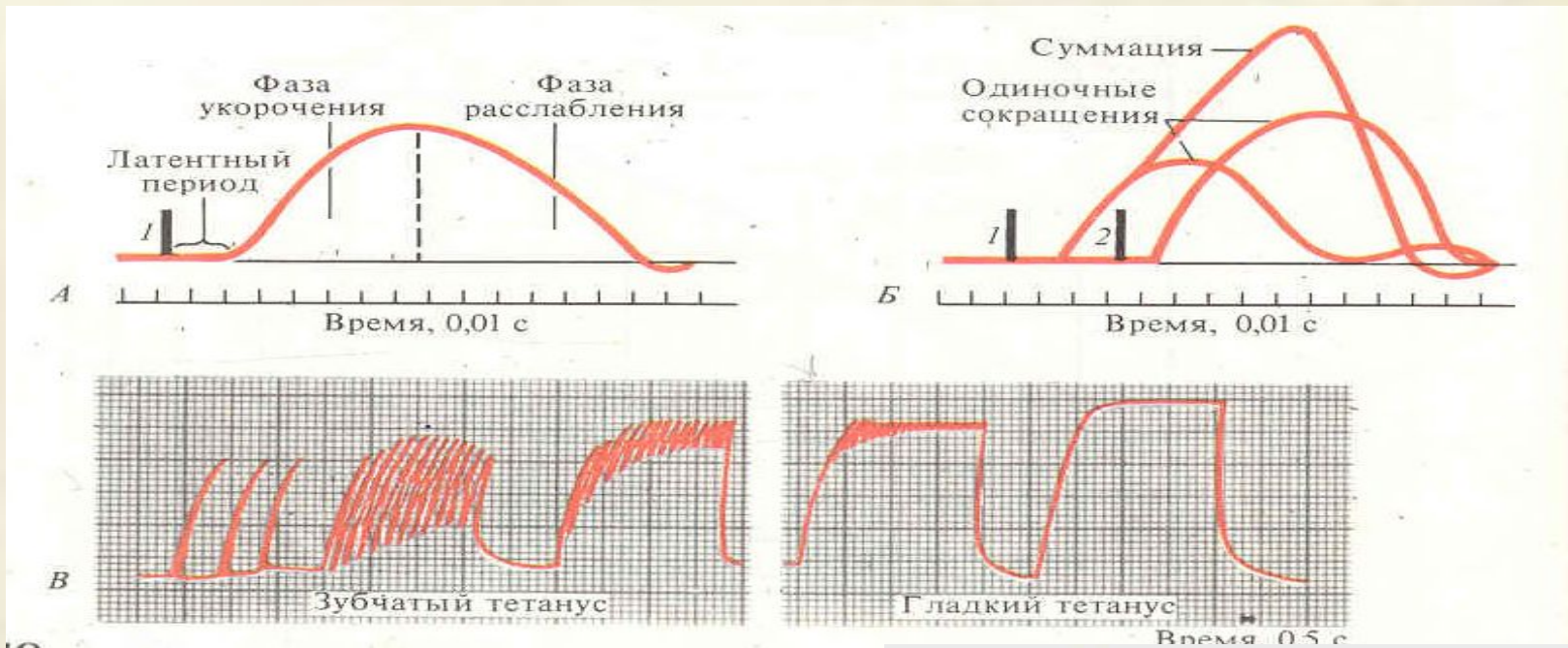
Режимы мышечных сокращений



Изотонический режим - это такой режим сокращения, при котором тонус мышц не меняется, однако длина мышечных волокон уменьшается.

Изометрический режим - это такой режим сокращения, когда мышечный тонус увеличивается, а длина мышцы не изменяется (имеет место напряжение мышцы).

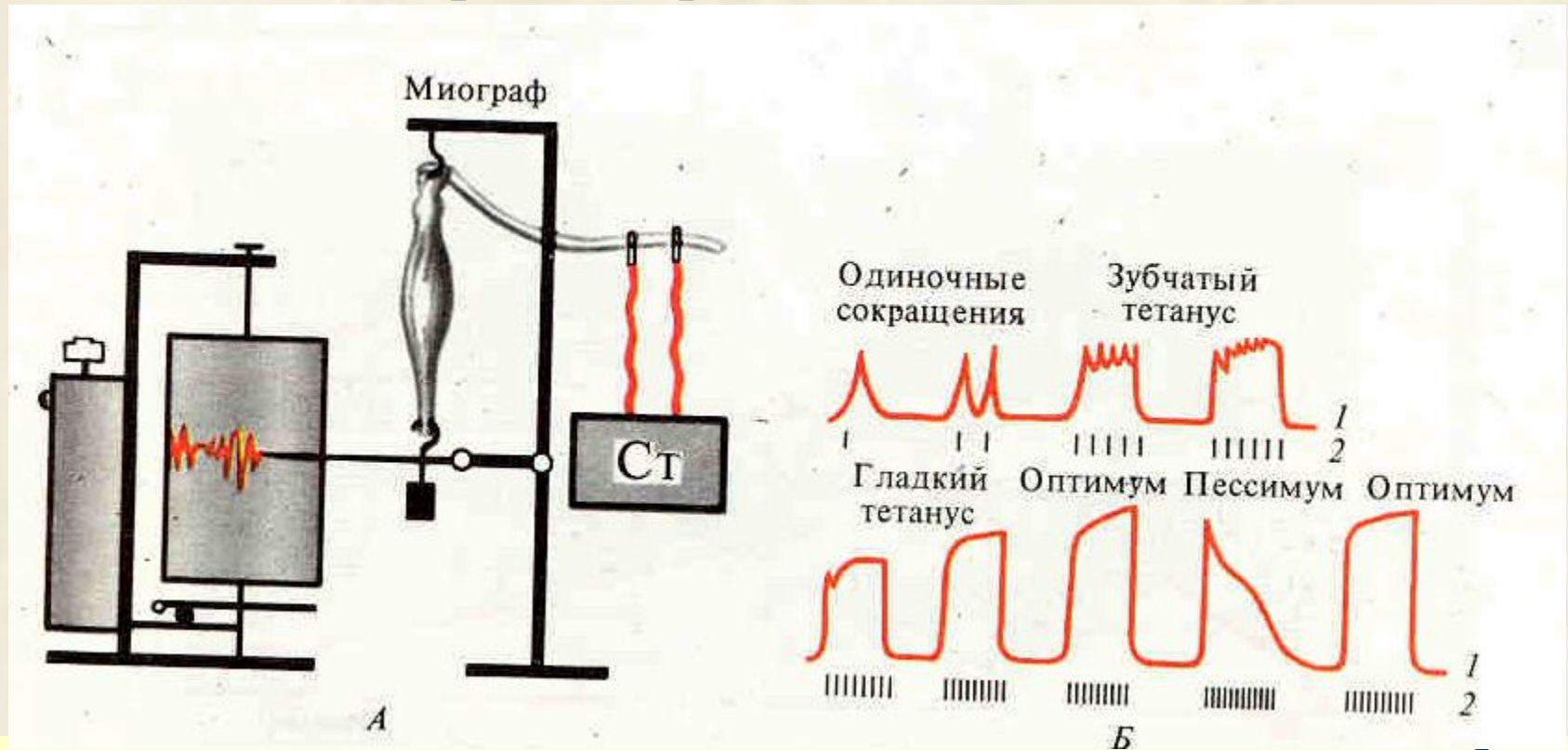
Виды мышечных сокращений



- **Одиночное сокращение** – укорочение мышцы в ответ на однократное раздражение;
- **Тетаническое сокращение** – укорочение мышцы в ответ на серию импульсов;
- *зубчатое тетаническое сокращение;*
- *гладкое тетаническое сокращение.*



Оптimum и пессимум раздражителя



Под оптimumом параметров раздражителя следует понимать ту наибольшую частоту или силу раздражителя, при действии которых на мышцу наблюдается ее максимальное сокращение.

Под пессимумом параметров раздражителя подразумевают такие частота и сила раздражителя, при действии которых на мышцу вместо увеличения сократительного эффекта имеет место его уменьшение.

Сила мышц

определяется максимальной массой груза, которую она в состоянии поднять, либо максимальным напряжением, которое она может развить в условиях изометрического сокращения.

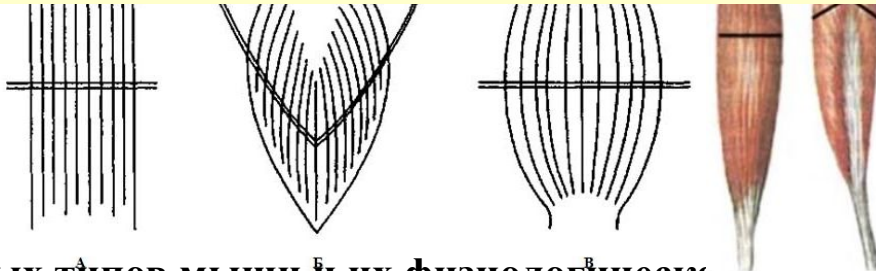
Зависит:

- От соотношения быстрых и медленных двигательных единиц;
- От физиологического поперечного сечения мышцы.



Анатомический поперечник - это площадь поперечного сечения, перпендикулярного длиннику мышцы и проходящего через брюшко в наиболее широкой его части. Этот показатель характеризует величину мышцы, ее толщину

Физиологический поперечник представляет собой суммарную площадь поперечного сечения всех мышечных волокон, входящих в состав мышцы.



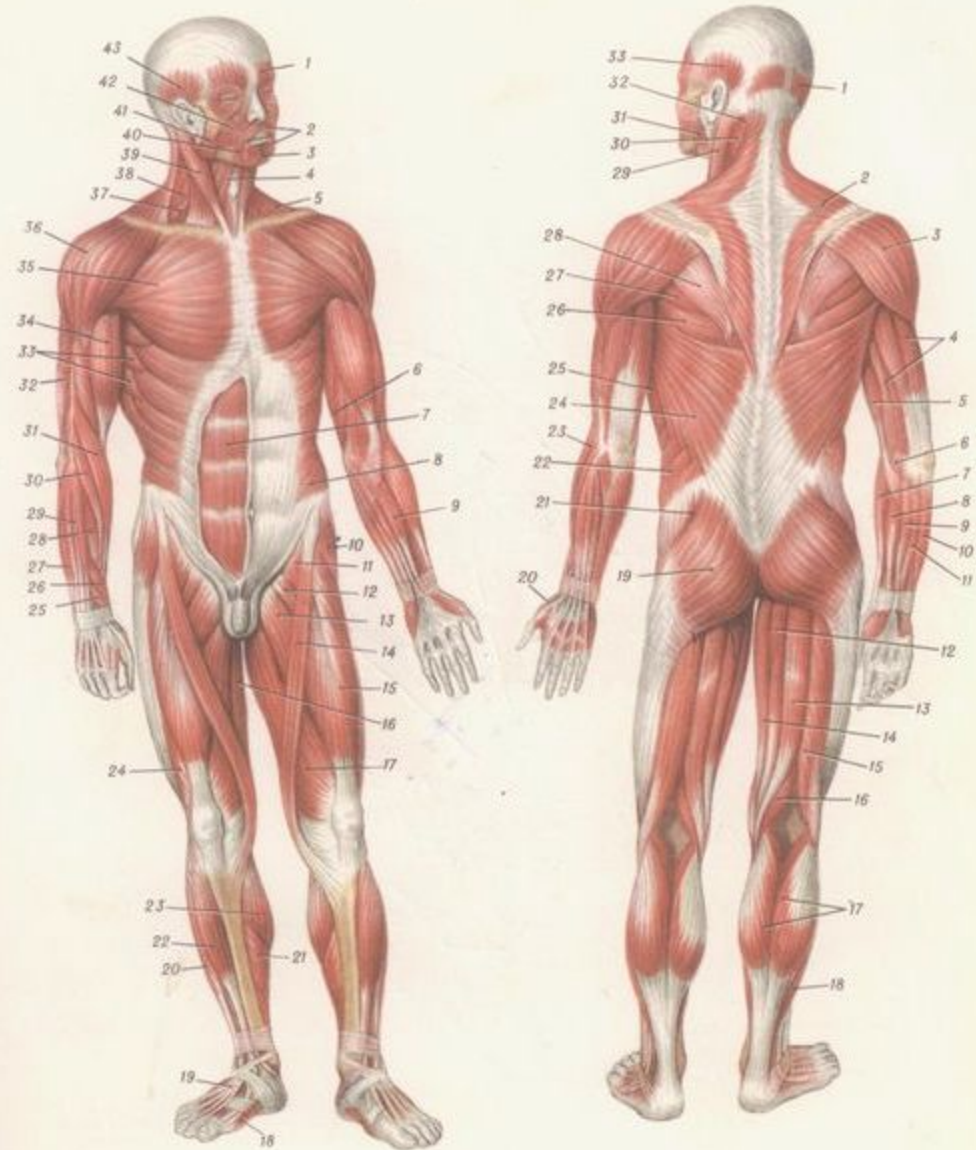
Строение различных типов мышц и их физиологическое сечение.

А - портняжная мышца; Б - икроножная мышца; В - двуглавая мышца плеча.

Сила мышц

**Относительная сила
мышц человека (на 1
см² площади
поперечного сечения):**

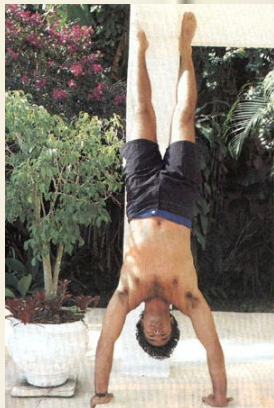
- Икроножная мышца – 5,9 кг;
- Сгибатель плеча – 8,1 кг;
- Жевательная – 10,0 кг;
- Двуглавая мышца плеча – 11,4 кг;
- Трехглавая мышца плеча – 16,7 кг.



Работа мышц

Статическая работа

совершается при удерживании частей тела в определенном положении, удерживания груза, стоянии, сохранении позы.



Динамическая работа

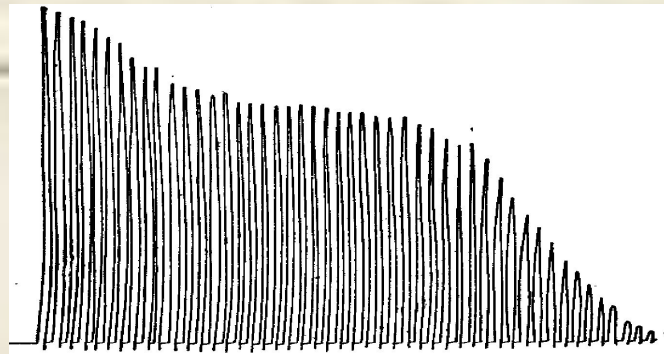
выражаться в перемещении тела или его частей. Такая работа совершается при поднятии тяжестей, ходьбе, беге.



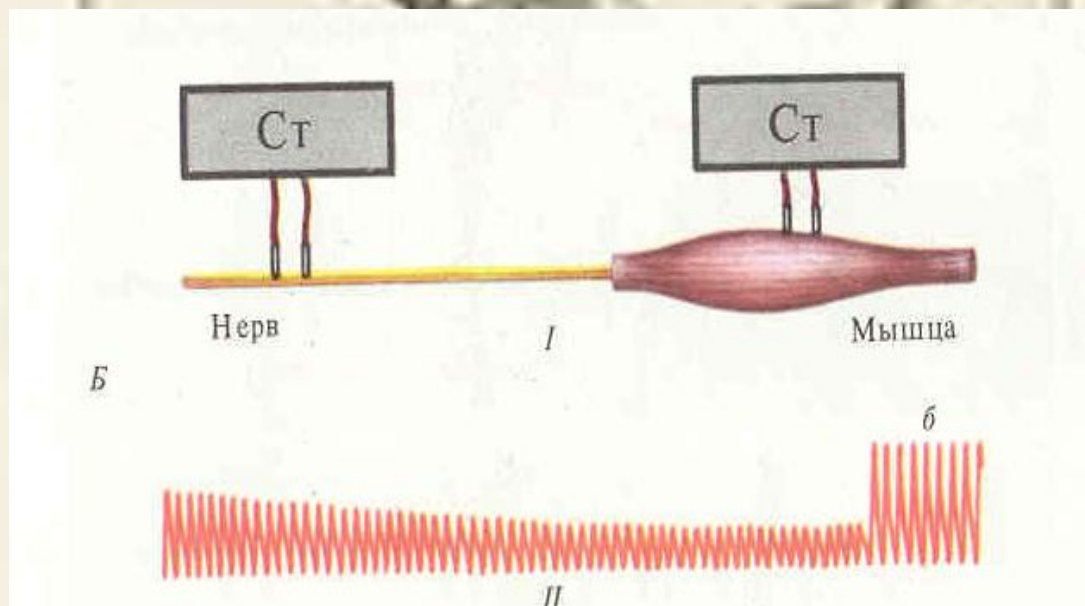
Правило средних нагрузок – мышца может совершить максимальную работу при средних нагрузках.

Утомление мышц

- временное понижение их работоспособности, вызываемое с накоплением в них продуктов обмена (фосфорной, молочной кислот), понижающих возбудимость мембран мышечных клеток.

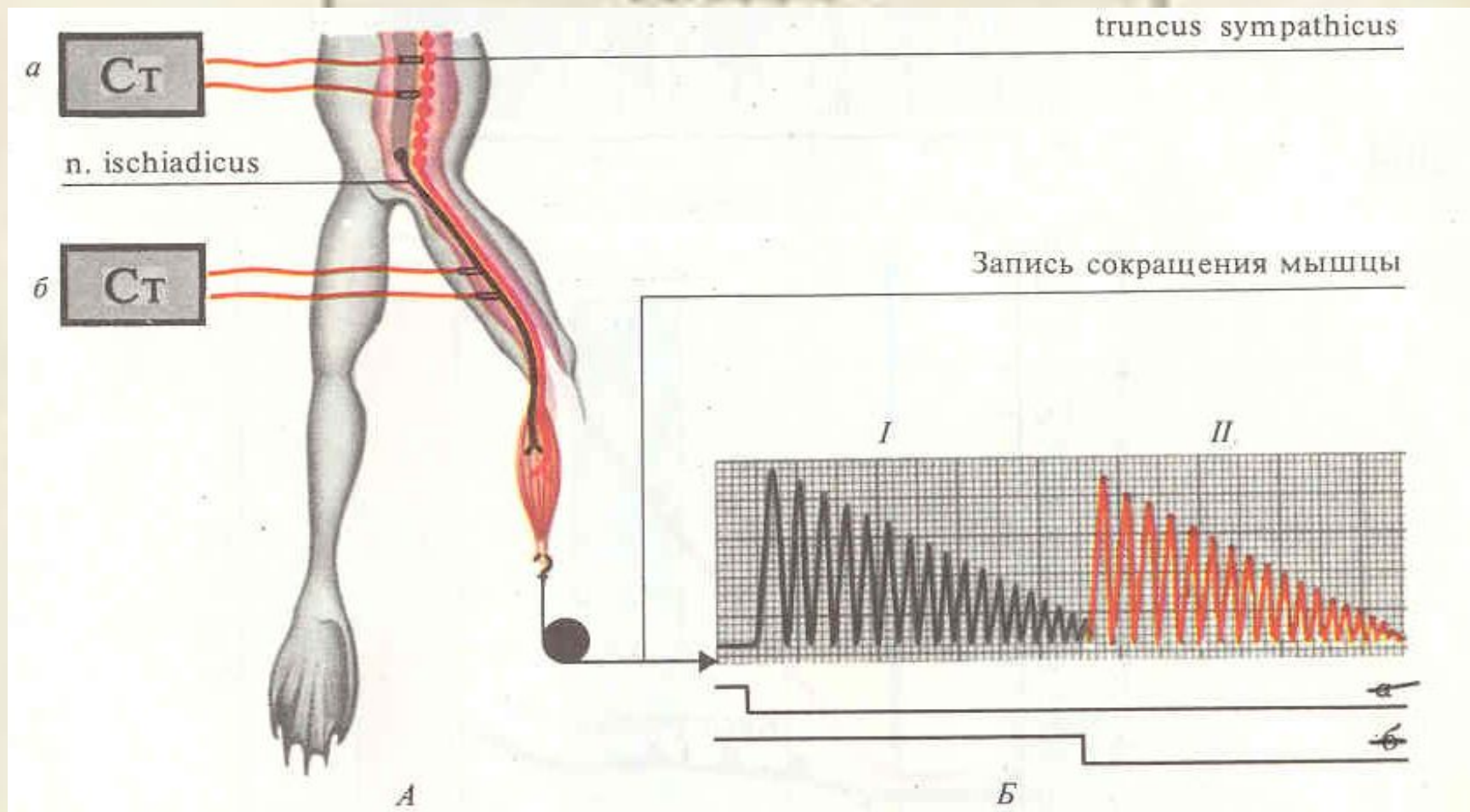


Эргограмма утомления



Локализация утомления в нервно-мышечном препарате

Феномен Орбели-Гинецинского



Благодарю за внимание!

