ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ

Живые системы — организмы, органы, ткани и клетки — находятся в двух основных состояниях — *покоя* и *активности.*

Раздражимость

способность реагировать на действие факторов внешней и внутренней среды. Ламарк.

≠

Возбудимость

способность реагировать на действие факторов внешней и внутренней среды специфической реакцией – возбуждением. Гальвани, Маттеучи.

Раздражители (стимуляторы) подразделяются по их биологической значимости (адекватность для дан.кл), по качественному (хим, эл, терм…) и количественному (порог, подпор, сверхпорог) признаку.

Мера возбудимости - порог раздражения.

Порог раздражения - это та минимальная сила раздражителя, которая вызывает возбуждение / ответную реакцию (величины непостоянные, зависят от функционального состояния клеток в покое).

Чем ↑ порог раздражения, тем ↓ возбудимость.

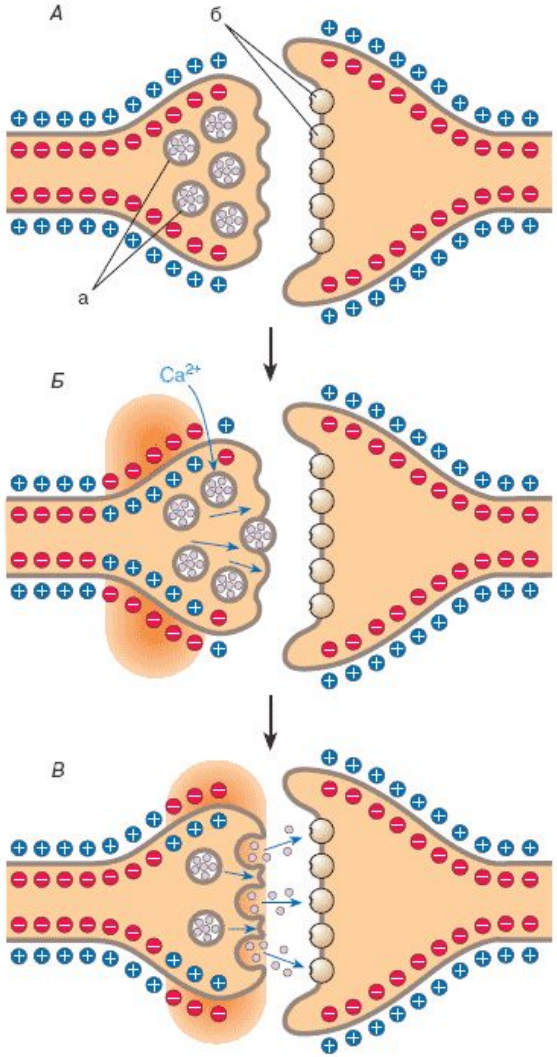
Возбудимые ткани

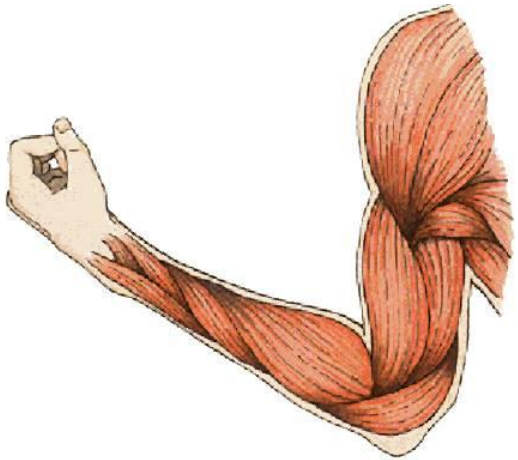
Результат возбуждения:

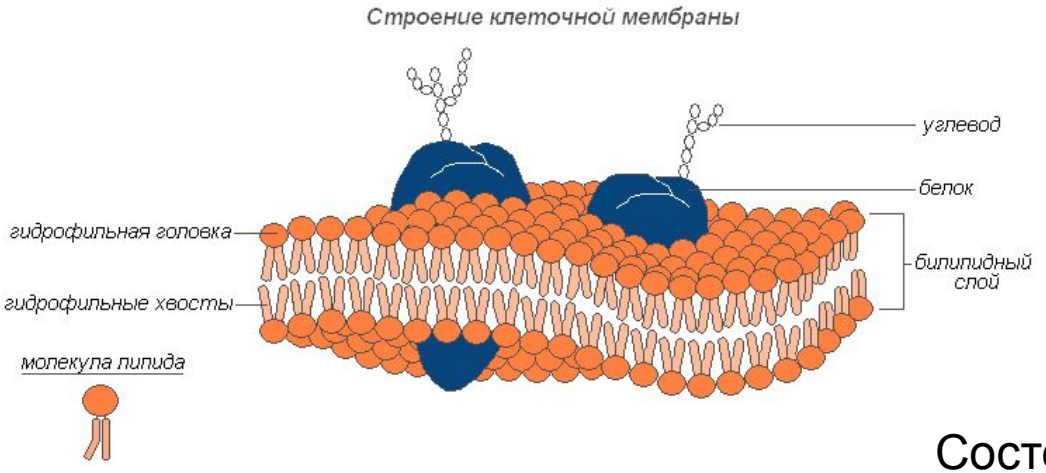
Нервная → передача нервного импульса (электрический, химический)

Мышечная → сокращение мышцы, совершение работы

Секреторная → выброс секрета







Вещество	Внеклеточная жидкость	Внутриклеточная жидкость
Na^+	140 мМ	10 мМ
K^+	4 мМ	140 мМ
Ca^{2+} (свободный)	2,5 мМ	0,1 мкМ
Mg^{2+}	1,5 мМ	30 мМ
Cl^-	100 мМ	4 мМ
HCO^-_3	27 мМ	10 мМ
PO^{3-}_4	2 мМ	60 мМ
Глюкоза	5,5 мМ	0—1 мМ
Белок	2 г/дл	16 г/дл

в 1902 г. Ю. Бернштейном была развита мембранно-ионная теория, которая модифицирована и экспериментально обоснована А. Ходжкином и А. Хаксли (1952). Согласно этой теории, биоэлектрические потенциалы обусловлены неодинаковой концентрацией ионов К, Na, CL внутри и вне клетки и различной проницаемостью для них поверхностной мембраны.

Состояние, при котором поток ионов по их концентрационному градиенту уравновешивается мембранным потенциалом, называется состоянием электрохимического равновесия ионов. Величина такого мембранного потенциала равновесия определяется уравнением Нернста .

$$\varphi_m = -\frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

R - универсальная газовая постоянная, T - термодинамическая температура, z - электрический заряд иона, F - постоянная Фарадея, [K+]i и [K+]o - внутриклеточная и внеклеточная концентрации ионов калия соответственно.

Транспорт: активный и пассивный

Ионные каналы – интегральные белки, которые обеспечивают пассивный транспорт ионов по градиенту концентрации. Энергией для транспорта служит разность концентрации ионов по обе стороны мембраны (трансмембранный ионный градиент).

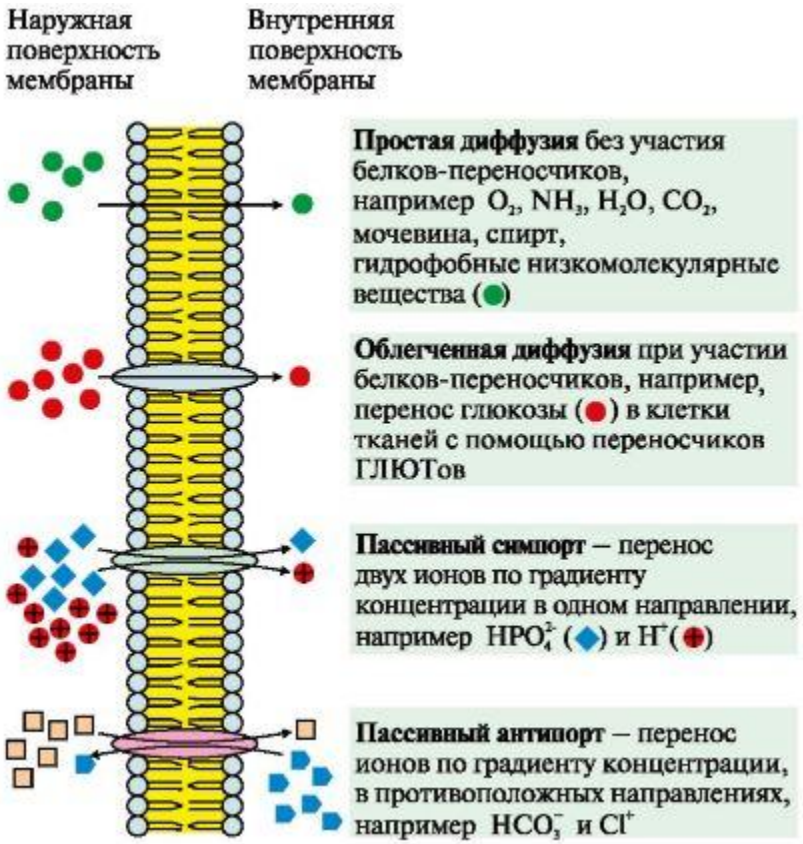
Неселективные каналы обладают свойствами:

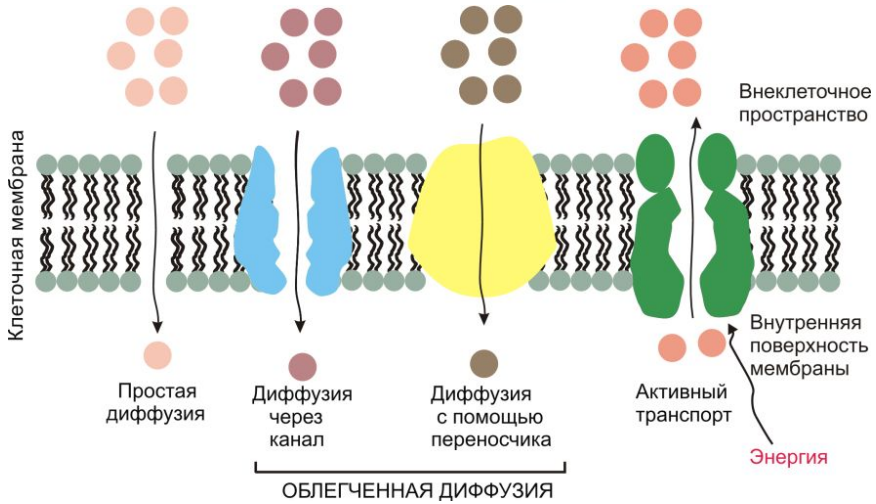
- пропускают все типы ионов, но проницаемость для ионов K+ значительно выше, чем для других ионов; • всегда находятся в открытом состоянии.

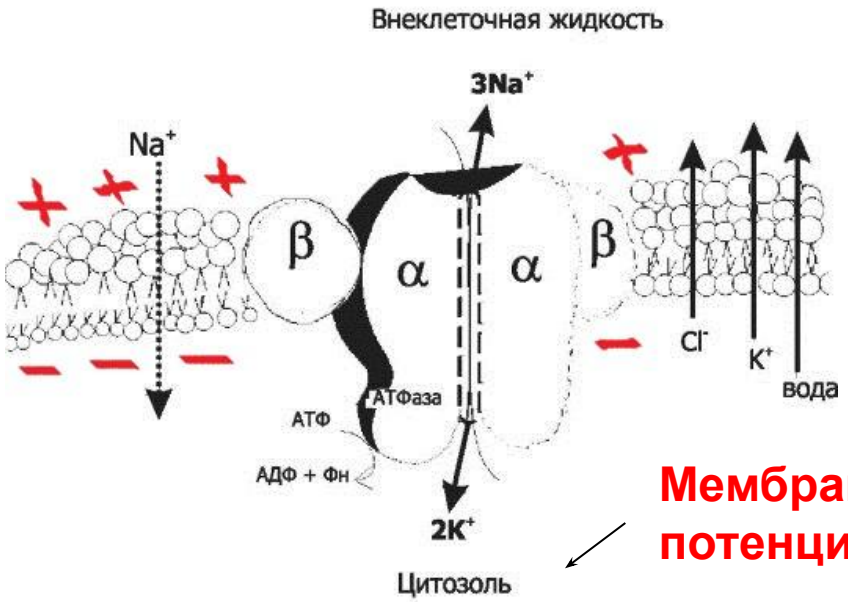
Селективные каналы обладают свойствами:

- пропускают только один вид ионов; для каждого вида ионов существует свой вид каналов; • могут находиться в одном из 3 состояний: закрытом, активированном, инактивированном.

K-Na насос – активный транспорт







Мембранный потенциал

Потенциал покоя -60-90мВ

Разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны покоящейся клетки.

ПП постоянен

-10 мВ (К-Na насос)

-70 (транспорт К)

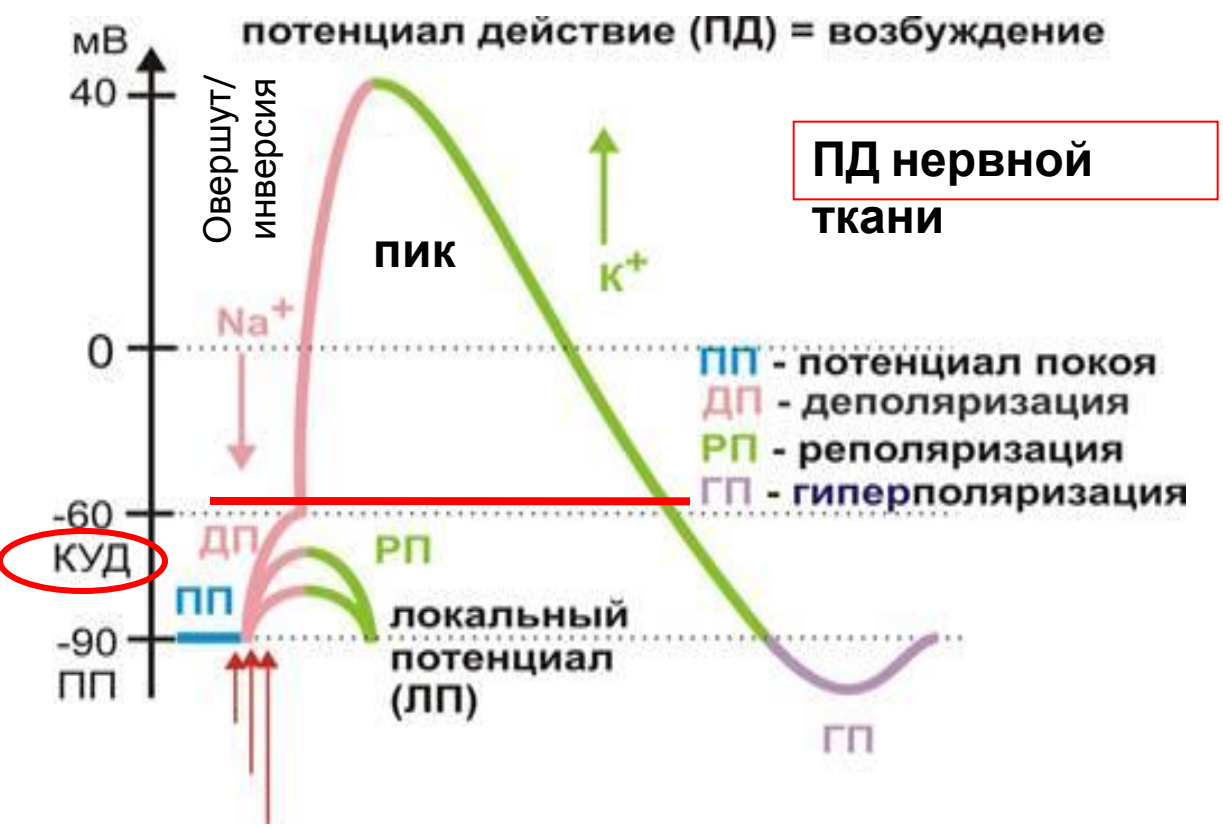
Потенциал действия

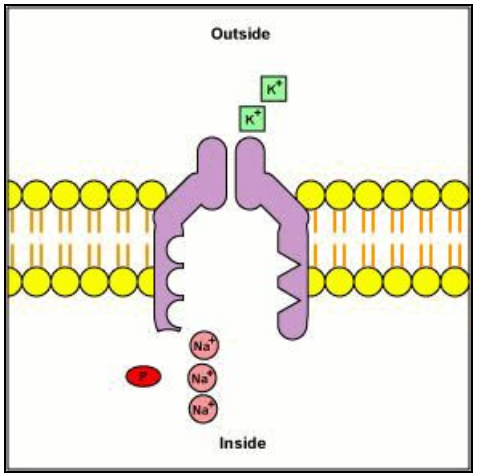
Разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны возбужденной клетки.

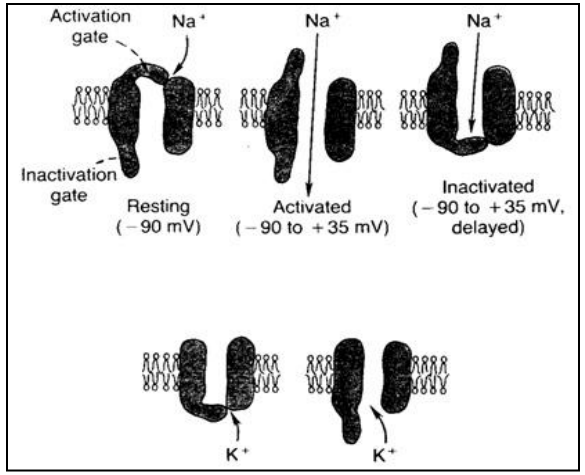
Основная причина ПД - изменение проницаемости мембраны для ионов.

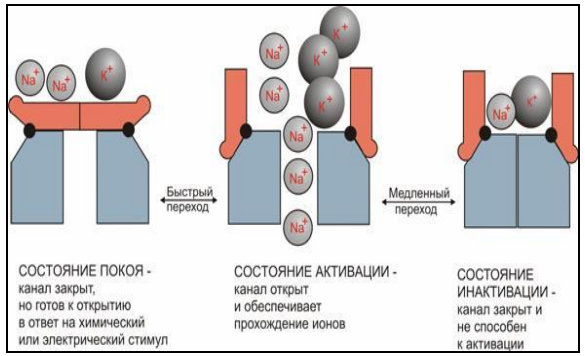
Амплитуда, крутизна нарастания, продолжительность

Возбудимые ткани: нервная, мышечная, секреторная









В развитии **возбуждения** выделяют **4 этапа**:

1) предшествующее возбуждению состояние покоя (статическая поляризация);
2) деполяризацию;
3) реполяризацию } - следовые потенциалы
4) гиперполяризацию. } + следовые потенциалы

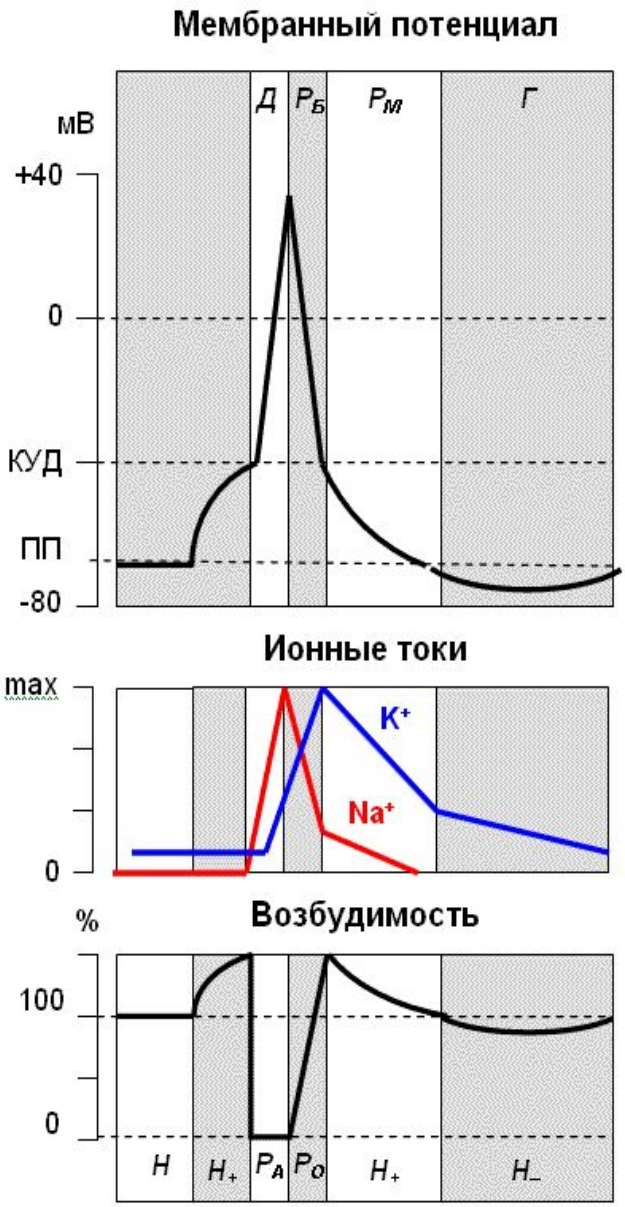
Критический уровень деполяризации - величина мембранного потенциала, при достижении которой возникает потенциал действия.

Статическая поляризация – наличие постоянной разности потенциалов между наружной и внутренней поверхностями клеточной мембраны.

Деполяризация – уменьшение МП.

Реполяризация – восстановление исходного уровня МП.

Гиперполяризация – увеличение уровня МП.

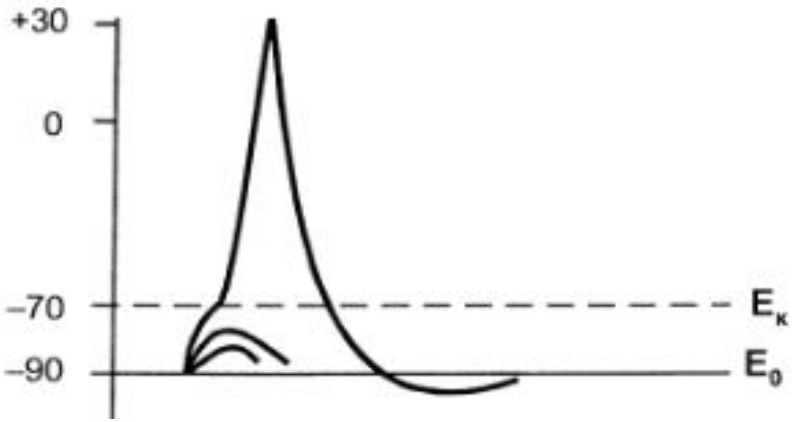


Возбудимость тканей различна. Чтобы вызвать возбуждение, **раздражитель должен обладать**:

1. Достаточной силой – закон порога.
2. Крутизной (градиентом) нарастания этой силы – закон аккомодации.
3. Временем действия – закон силы-времени.

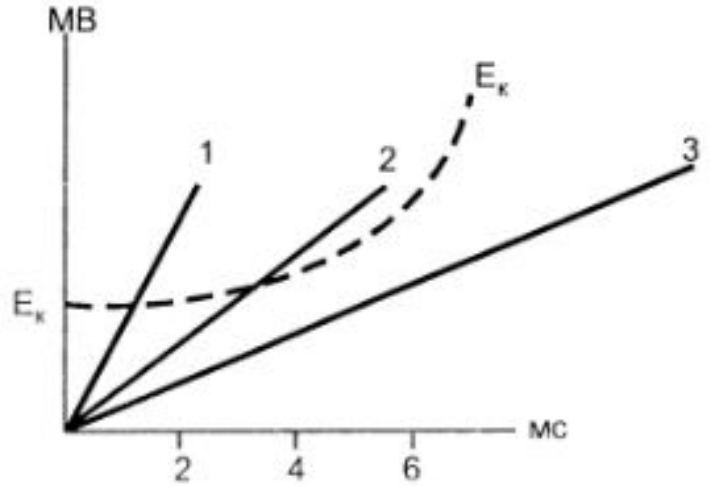
РЕФРАКТЕРНОСТЬ ↔

ЗАКОН «ВСЕ ИЛИ НИЧЕГО»



Чем больше сила раздражителя, тем больше величина ответной реакции. Под пороговые раздражители не вызывают ответной реакции ("ничего"), на пороговые раздражители возникает максимальная ответная реакция ("все"). Закон "все или ничего" не абсолютен.

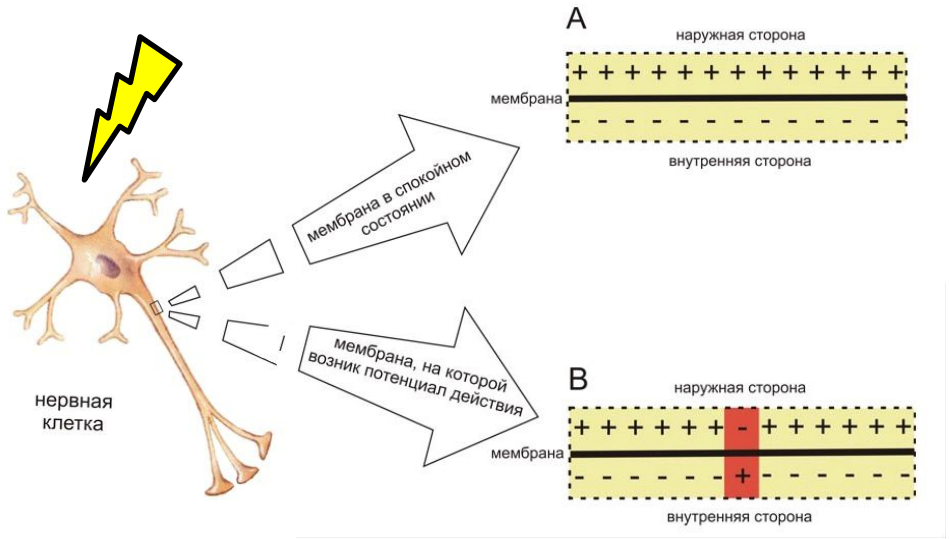
ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ (АККОМОДАЦИЯ)

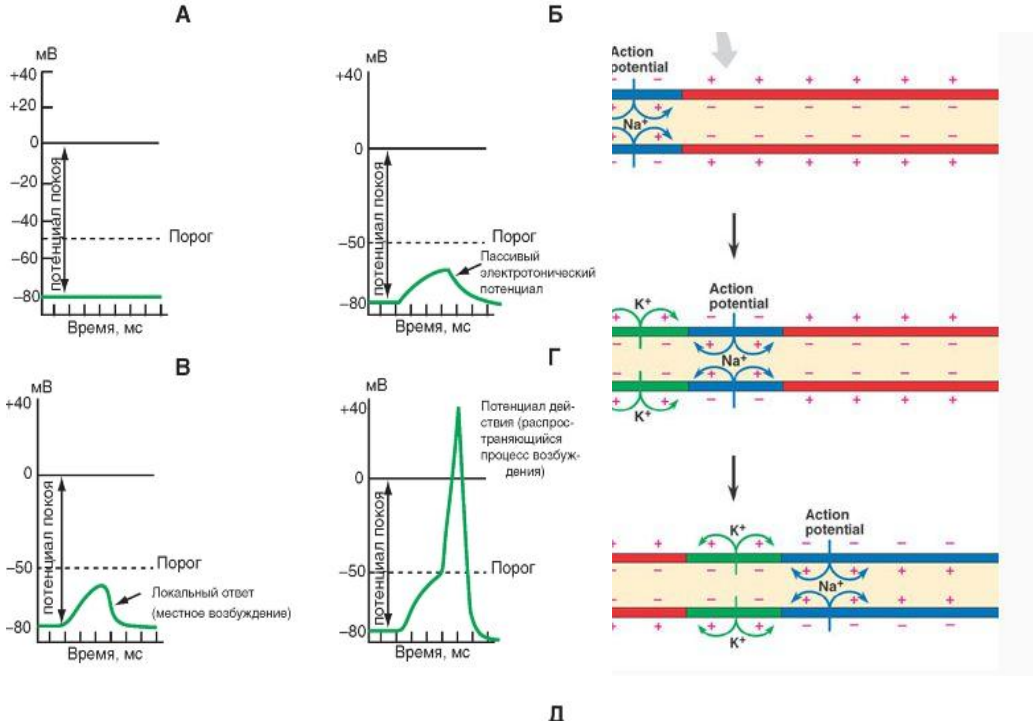


ЗАКОН «СИЛА — ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»

Эффективность раздражителя зависит не только от силы, но и от времени его действия. Сила раздражителя, вызывающего процесс распространяющегося возбуждения, находится в обратной зависимости от длительности его действия. Вейс. Хронаксия.

Для возникновения возбуждения сила раздражающего тока должна нарастать достаточно круто. При медленном нарастании силы тока происходит явление аккомодации – возбудимость клетки снижается. В основе явления аккомодации лежит повышение. КУД вследствие постепенной инактивации Na+ -каналов. Дебуа-Реймон.





Свойства возбудимых тканей:

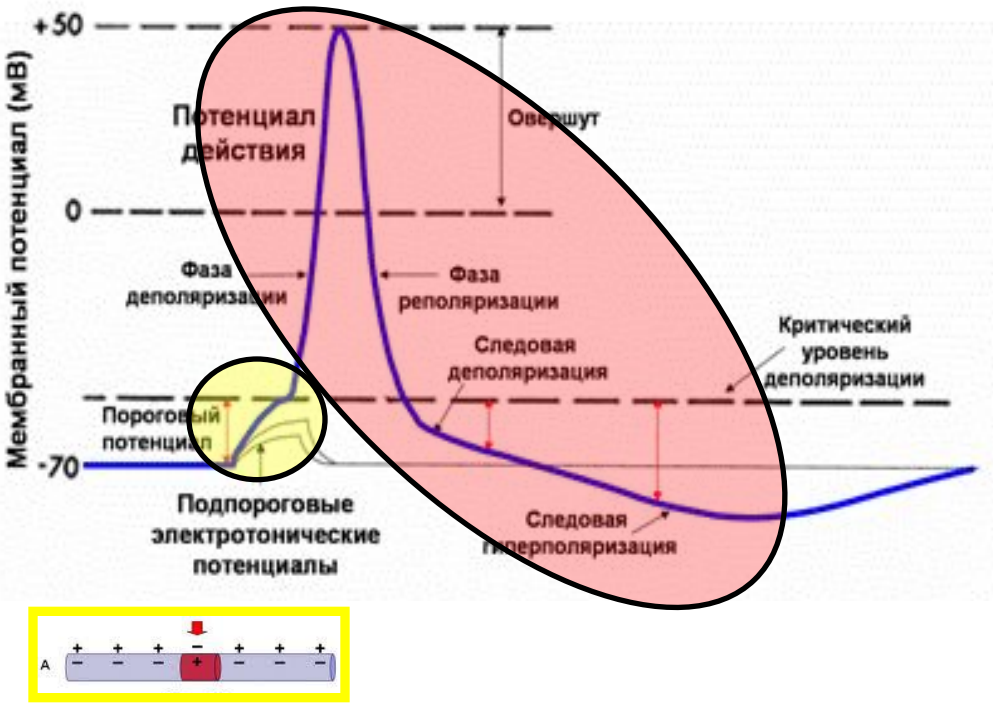
1. **лабильность** – способность возбудимой ткани реагировать на раздражение с определенной скоростью.

Мера лабильности - количество потенциалов действия, которое способна генерировать возбудимая ткань в единицу времени. Лабильность определяется продолжительностью периода рефрактерности.

2. **рефрактерность** – временное снижение возбудимости одновременно с возникшим в ткани возбуждением.

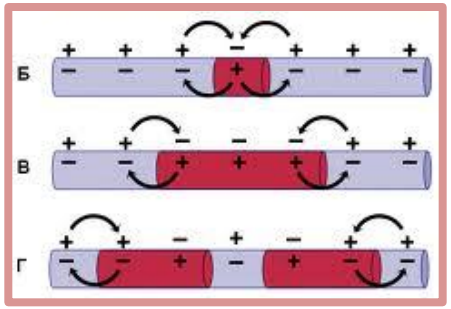
3. **проводимость** – способность ткани передавать возникшее возбуждение за счет электрического сигнала от места раздражения по длине возбудимой ткани.

4. **возбудимость** – изменение проницаемости и электрического состояния мембраны **(ПД)**



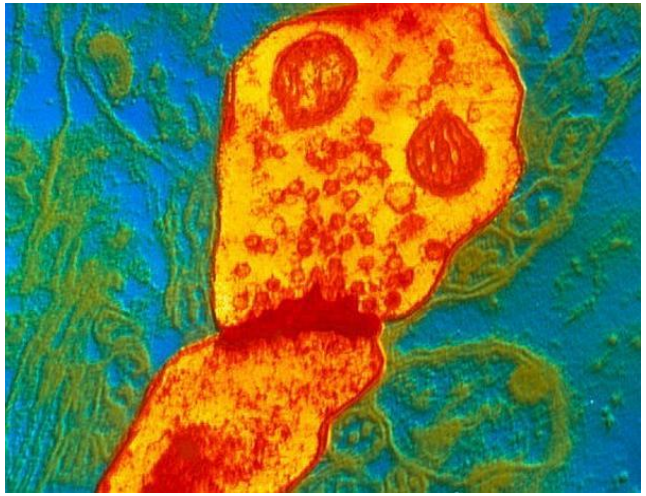
Местный/локальный (генераторный, постсинаптический):

- нет латентного (скрытого) периода - возникает сразу же при действии раздражителя;
- нет порога раздражения;
- градуально - изменение заряда клеточной мембраны пропорционально силе подпорогового раздражителя;
- нет рефрактерного периода, наоборот характерно небольшое повышение возбудимости;
- распространяется с декрементом (затуханием);



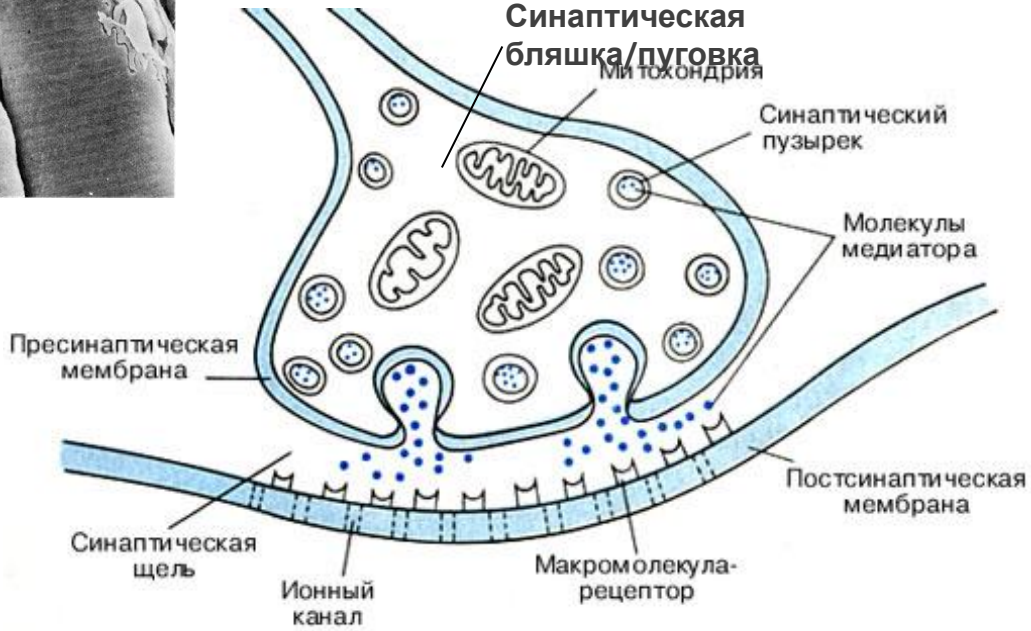
Распространяющееся/ импульсное/ ПД:

- есть латентный период - время между моментом нанесения раздражения и видимой ответной реакцией;
- имеет порог раздражения;
- не градуально - изменение заряда клеточной мембраны не зависит от силы раздражителя;
- наличие рефрактерного периода;
- импульсное возбуждение не затухает;
- только у высокоорганизованных тканей.



Вся нервная система представляет собой совокупность нейронов, которые контактируют друг с другом при помощи специальных аппаратов - **синапсов**.

Синапс — место контакта между двумя нейронами или между нейроном и эффекторной клеткой.



Синапсы можно классифицировать:

1) по местоположению и принадлежност и соответствующим клеткам — нервно—мышечные, нейро—нейрональные, а среди последних — аксосоматические, аксодендритические синапсы;
2) по знаку их действия — возбуждающие и тормозящие;
3) по способу передачи сигналов — электрические (в которых сигналы передаются «электрическим током») и химические, в которых передатчиком, трансмиттером сигнала, или посредником, медиатором, является то или иное физиологически активное вещество. Существуют и в-смешанные.

4) Морфологические типы синапсов различают в зависимости от того, какие части нейронов контактируют между собой:

аксодендритные (аксон первого нейрона передает импульс на дендрит второго);

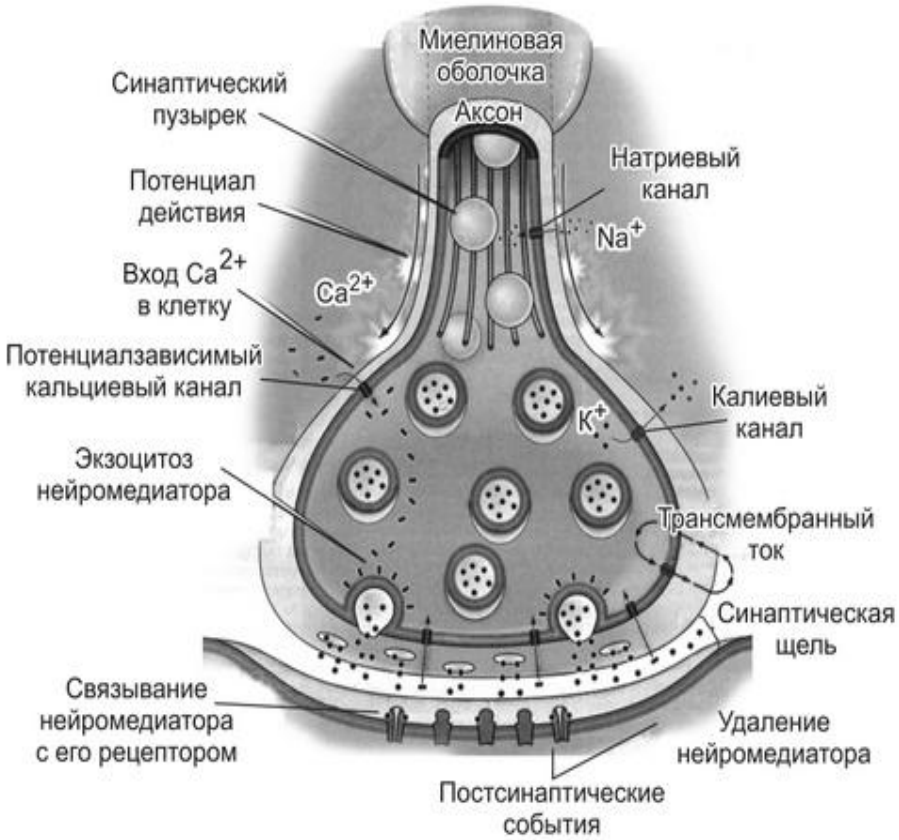
аксосоматические (аксон первого нейрона передает импульс на тело второго);

аксоаксонные (терминале аксона первого нейрона заканчиваются на аксоне второго).

дендродендритные, а также дендросоматичные синапсы.

Механизм передачи в химическом синапсе:

1. Поступление нервного импульса в синаптическую бляшку,
2. Деполяризация ПреМ и повышение ее проницаемости для ионов кальция,
3. Накопление и хранение в синаптических пузырьках медиаторов вблизи ПреМ,
4. Продвижение пузырьков и слияние благодаря кальцию пузырьков с ПреМ,
5. Высвобождение медиатора из терминали в СЩ - электросекреторное сопряжение,
6. Взаимодействие нейромедиатора с рецептором, встроенным в ПостМ - медиаторно-рецепторный комплекс,
7. Изменение конфигурации рецептора, что приводит к открытию ионных каналов и поступлению ионов, вызывающих сдвиг МП ПостМ (ВПСП и ТПСП) в зависимости от вида



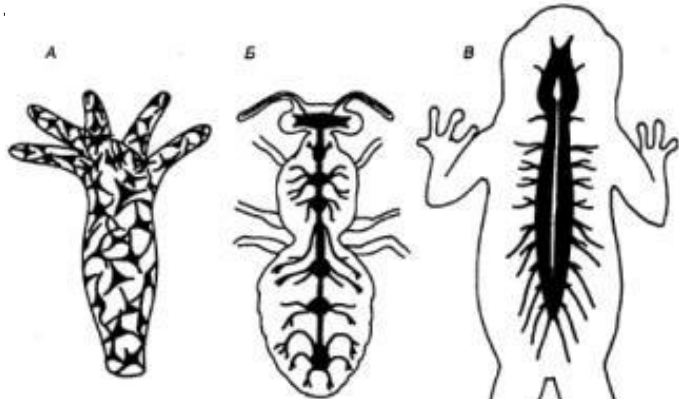
8. Разрушение нейромедиатора или захват его нервной терминалью,
9. Появление КУД под действием суммарного ВПСП, вследствие чего возникает ПД, подчиняющийся закону „всё или ничего“, и распространяющийся по постсинаптическому волокну.

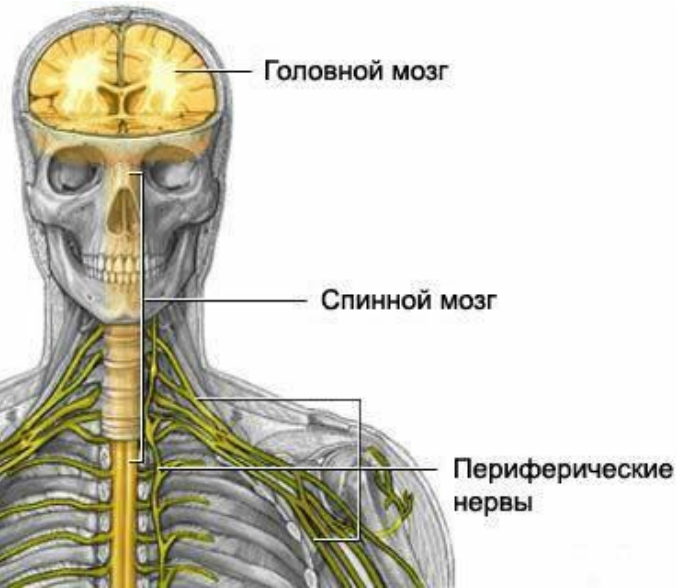
Электрические синапсы/эфапсы	Химические синапсы
двустороннее проведение сигнала	одностороннее проведение возбуждения
снижено удельное сопротивление и высокая лабильность	низкая лабильность/работоспособность
отсутствие синаптической задержки	синаптическая задержка
большая площадь соприкосновения	Утомление, низкая лабильность
узкая СЩ/щелевой контакт	ТПСП
нет трансформации ПД	трансформация ритма ПД

<u>Большинство нейромедиаторов</u> — аминокислоты и их производные. Одни нейроны модифицируют аминокислоты с образованием аминов (норадреналин, серотонин, ацетилхолин), другие — нейромедиаторов пептидной природы (эндорфины, энкефалины). Лишь небольшое количество нейромедиаторов образовано не аминокислотами.

Основные типы строения нервной системы

А— диффузный (кишечнополостные);
Б— цепочечный/узловой (членистоногие);
В — трубчатый (ЦНС позвоночных)

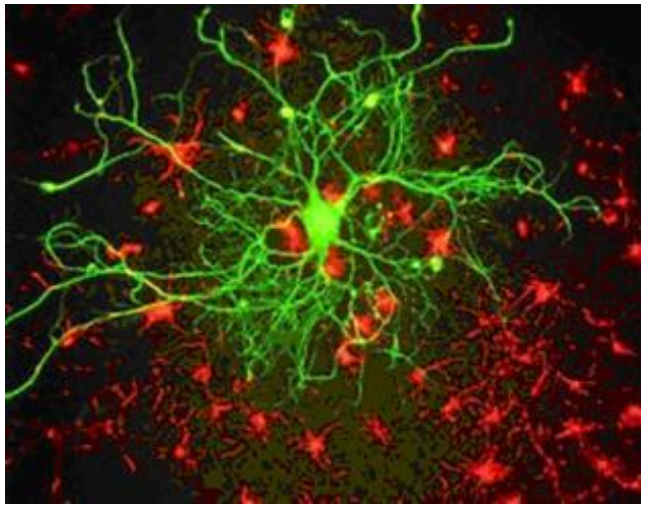


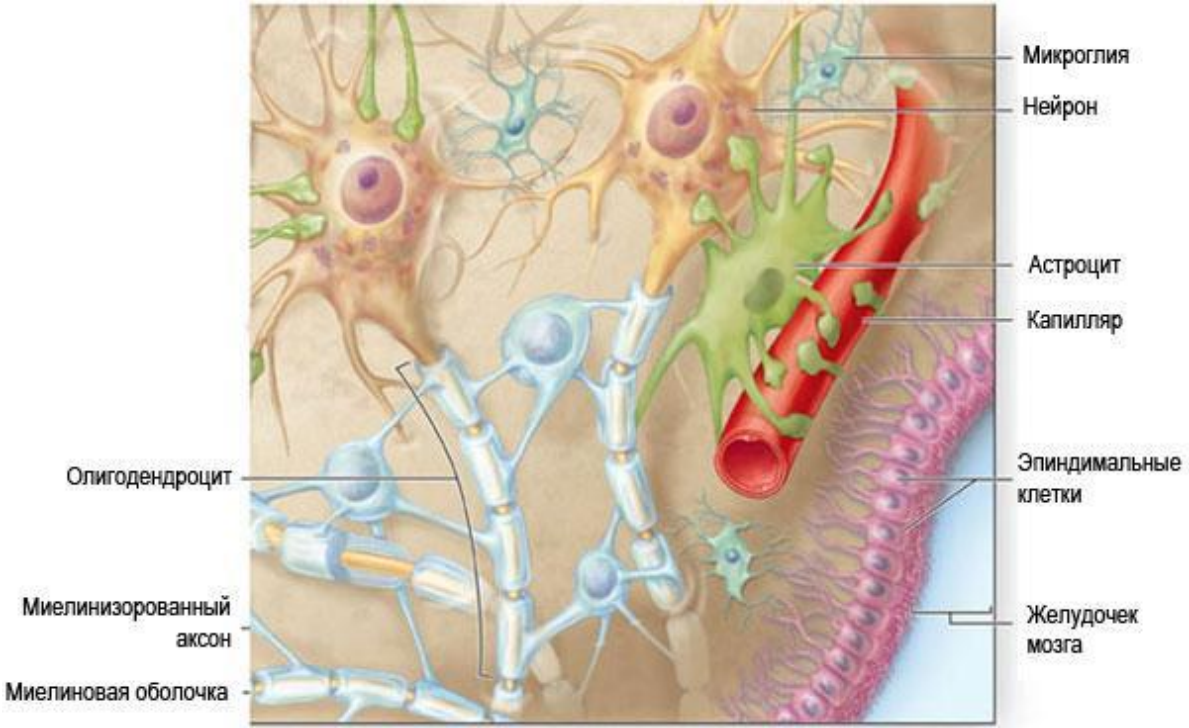


Функции нервной системы:

1) интегративно-координационная. Обеспечивает функции органов и физиологических систем, согласует их деятельность между собой;
2) обеспечение тесных связей организма человека с окружающей средой на биологическом и социальном уровнях;
3) регуляция уровня обменных процессов в различных органах и тканях, а также в самой себе;
4) обеспечение психической деятельности высшими отделами ЦНС.

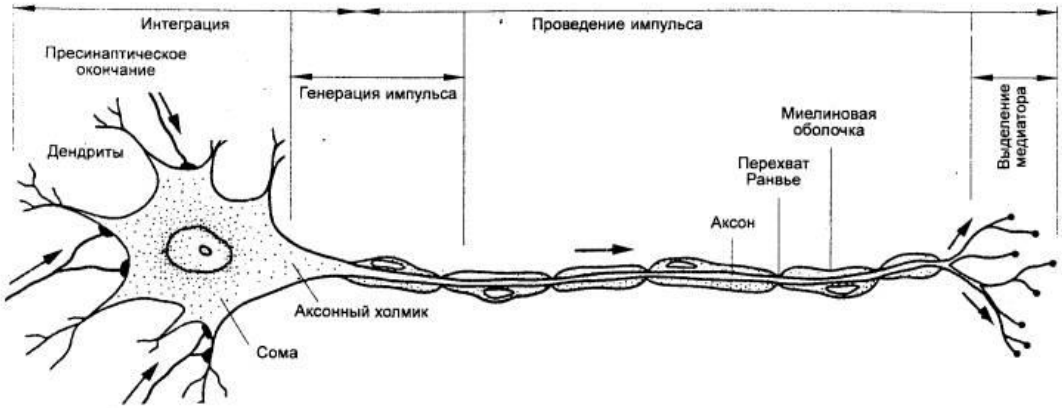
Глия — тип клеток, отличный от нервных и распространенный по всей нервной системе. Численность популяции клеток глии в нервной системе больше чем в десять раз превосходит

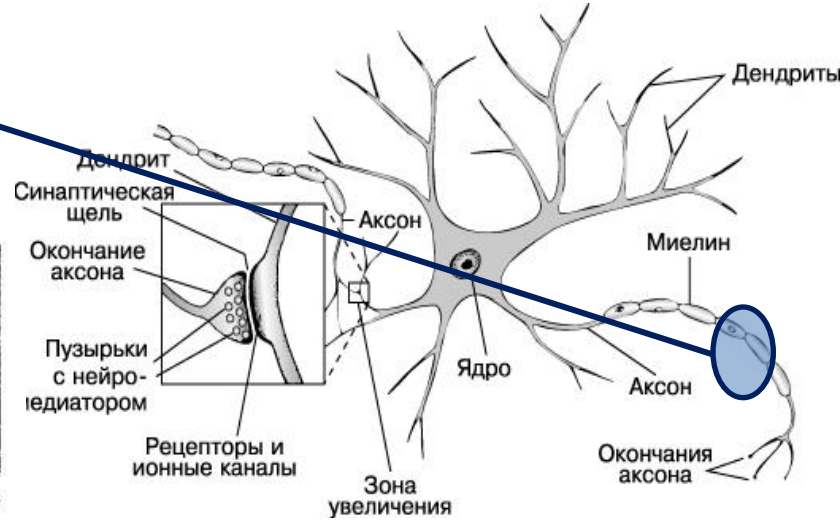




Нейрон

структурная единица нервной системы = нервная клетка с отростками



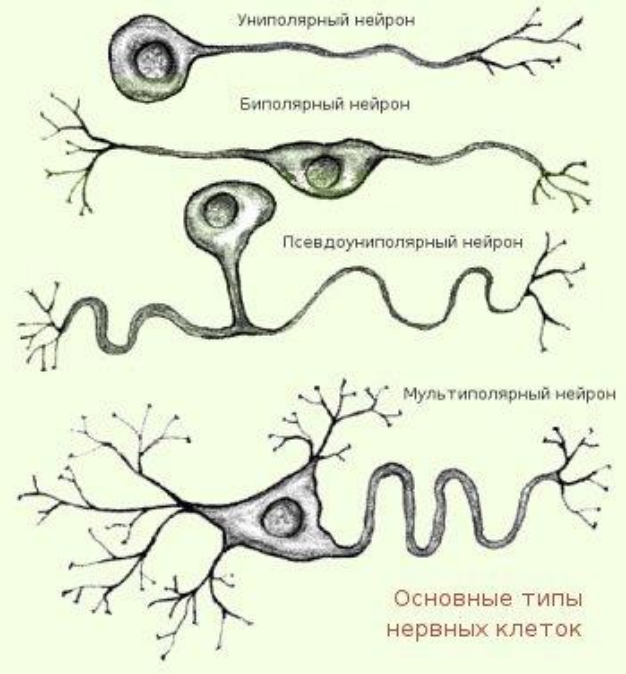


Функционально **в нейроне выделяют**:

1) воспринимающую часть (дендриты и мембрану сомы нейрона);

2) интегративную часть =переработка (сому с аксоновым холмиком);

3) проводниковую часть (аксонный холмик с аксоном).



Нервный импульс - серия передающихся химических и электрических изменений, которые распространяются по всему нейрону в результате раздражения нейрона, при этом превышая

Функции нейронов:

1) генерализация нервного импульса;
2) получение, хранение и передача информации;
3) способность суммировать возбуждающие и тормозящие сигналы (интегративная функция).

Виды нейронов:

1) по локализации:

а) центральные (головной и спинной мозг);
б) периферические (мозговые ганглии, черепные нервы);

2) в зависимости от функции:

а) афферентные (чувствительные), несущие информацию от рецепторов в ЦНС;
б) вставочные (коннекторные), в элементарном случае обеспечивающие связь между афферентным и эфферентным нейронами;
в) эфферентные:
– двигательные – передние рога спинного мозга;
– секреторные – боковые рога спинного мозга;

3) в зависимости от функций:

а) возбуждающие;
б) тормозящие;

4) в зависимости от биохимических особенностей, от природы медиатора;

5) в зависимости от качества раздражителя, который воспринимается нейроном:

а) мономодальный;
б) полимодальные.

Нейроны ЦНС образуют множество цепей, которые выполняют две основные функции: обеспечивают рефлекторную деятельность, а также сложную обработку информации в высших мозговых центрах.

В нервной клетке 2 процесса: Возбуждение и Торможение

Торможение - активный нервный процесс, характеризуется отсутствием способности к распространению сигнала, вызываемый возбуждением и проявляющийся в угнетении или предупреждении другой волны

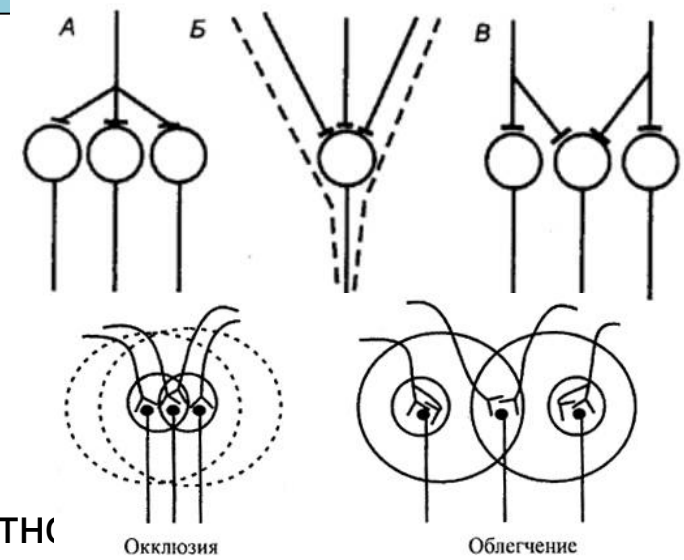
- *Внешнее торможение* условного рефлекса наступает в результате действия нового раздражителя. В коре головного мозга при этом возникает новый очаг возбуждения, который вызывает угнетение (торможение) существующего очага возбуждения. В результате происходит ослабление или полное исчезновение ранее возникшего рефлекса - его торможение.
- *Внутреннее торможение* возникает в тех же нервных клетках коры, с которыми связан данный условный рефлекс. Одним из видов внутреннего торможения является угасание условного рефлекса. Для того чтобы выработанные условные рефлексы сохранить, необходимо время от времени действие условного раздражителя (например, света) подкреплять действием безусловного раздражителя (пищей). Если такое подкрепление длительно не производится, то условный рефлекс ослабевает и в конце концов исчезает: условный рефлекс угасает.

Типы передачи информации в нервной системе:

А. дивергенция - иррадиация возбуждения/торможения

Б. конвергенция - суммация (временная и пространственная)-концентрация

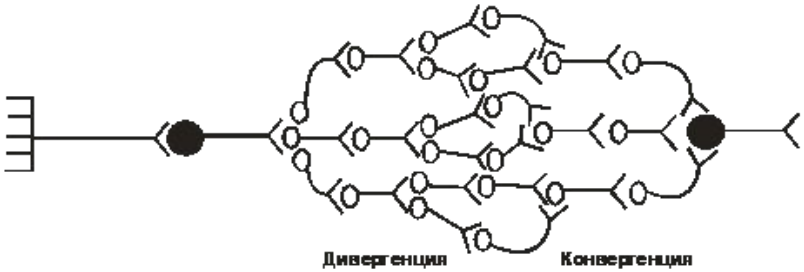
В. пространственное облегчение (слабые } →сильное) и окклюзия (сильные → угнетение)



Суммация (<u>пространственная</u> - возникновение ответно реакции при одновременном действии нескольких подпороговых раздражителей. <u>Временная/последовательная</u> - возникает ответная реакция при действии нескольких следующих друг за другом раздражителей).

<u>Конвергенция→окклюзия и облегчение</u>

1) облегчение - превышение эффекта одиночного действия 2х относительно слабых сигналов над суммой их раздельных эффектов/1го
2) окклюзия – во взаимном угнетении рефлекторных реакций, при котором суммарный эффект оказывается значительно меньше, чем сумма взаимодействующих реакций (торможение и возбуждение или конкурирующие реакции) в



нервные сети - система нейронных цепочек/комплексов на разных уровнях, предающие торможение/возбуждение

Общий принцип координационной деятельности ЦНС – соподчинение и объединение всех функциональных элементов органов в целостную систему.

Организация:

1й уровень интеграции – нейрон (тормоз/возб сигналы)

2й уровень - элементарные сети (дивергенция, конвергенция…)

3й уровень - принцип доминанты - нервные центры могут кооперироваться в распределительные системы (объединение нескольких локальных сетей, функциональных н.ц - комплекс элементов, необходимых и достаточных для осуществления определенного рефлекса/поведения)

Например, функциональные системы Анохина.

Доминанта - господствующий очаг возбуждения, предопределяющий характер текущих реакций центров в данный момент времени (при д-и факторов). Ухтомский

Характеристики доминанты:

повышенная возбудимость, инерционность, способность к суммации и сопряженному торможению др. центров, динамическая система

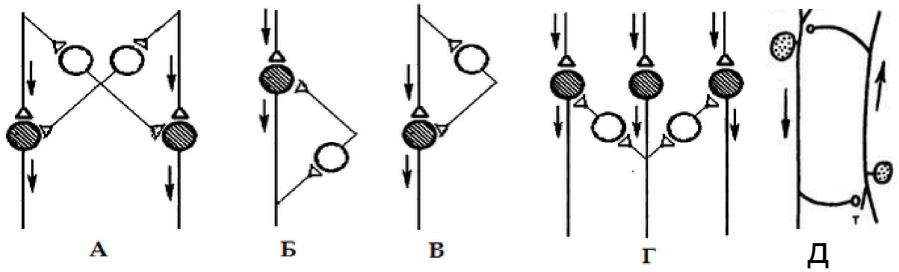
Свойства нервных сетей:

- односторонность
- иррадиация
- суммация
- синаптическая задержка
- нефатигабельность
- тонус (фон. активность)
- пластичность
- утомляемость (истощение)
- конвергенция
- интеграция
- доминанта

торможение

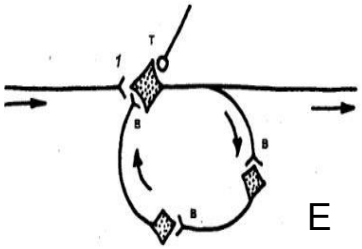
1е-специальные торм. структур с нейромедиатором - **первичное**

- реципрокное (А)-антагонисты
- возвратное (Б)-собственный импульс к т.н.
- паралелльное (В)-в.блокирует само себя, посылая тормозной сигнал на нейрон который одновременно и активирует
- латеральное (Г)-соседние клетки = контраст сигнала
- прямое взаимное (Д)-взаимодействие командных нейронов, осуществляющееся без специальных вставочных клеток



Темные нейроны – возбуждающие, светлые – тормозные.

- самовозбуждающаяся нервная цепочка (замкнут

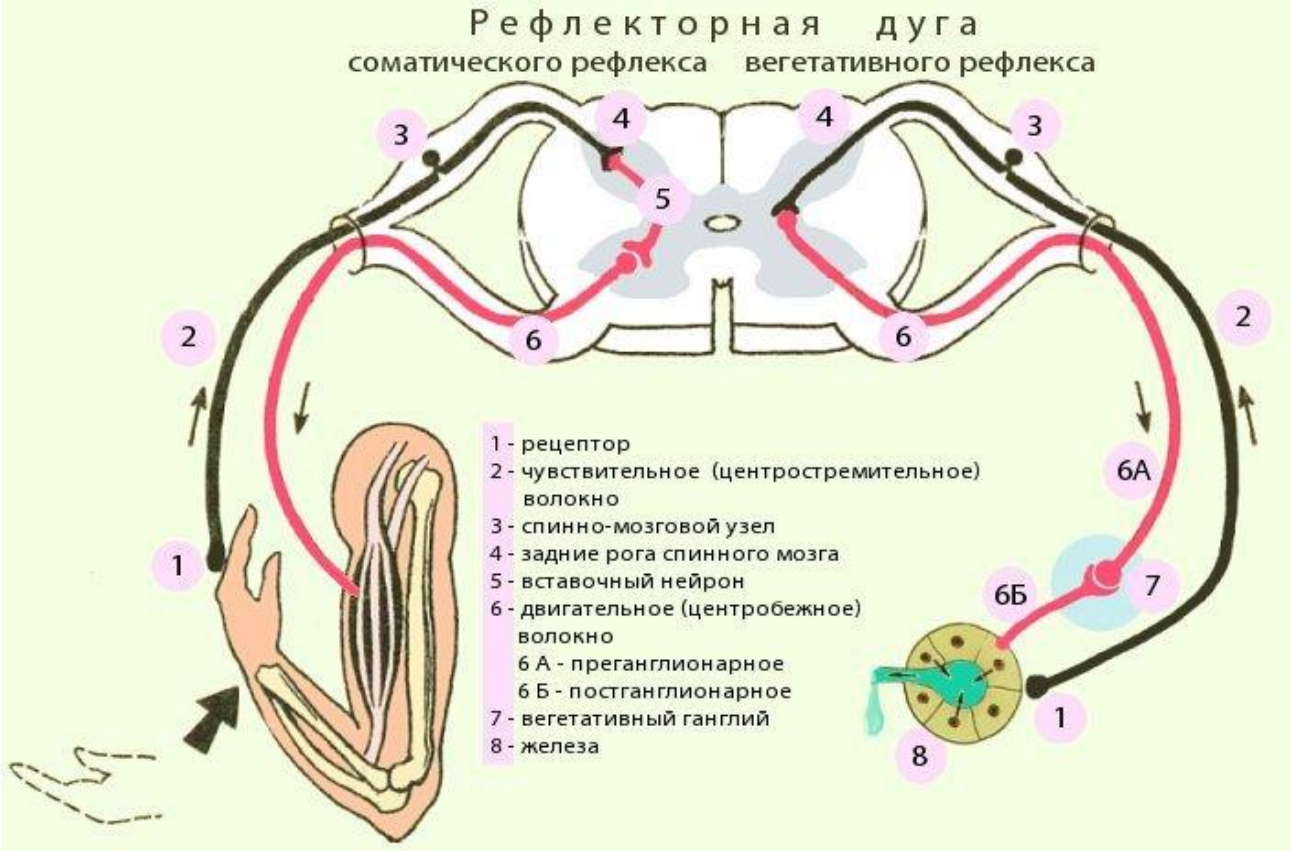


Е

2е-без специальных структур – **вторичное** (возникает без участия специализированных тормозных структур как следствие избыточной активации возбуждающих входов нейрона) торможение.

Пессимальное — развивается в возбуждающих синапсах в результате сильной деполяризации постсинаптической мембраны под действием множественной импульсации.

Торможение вслед за возбуждением возникает в обычных нейронах и также связано с процессом возбуждения. В конце акта возбуждения нейрона в нем может развиваться сильная следовая гиперполяризация.

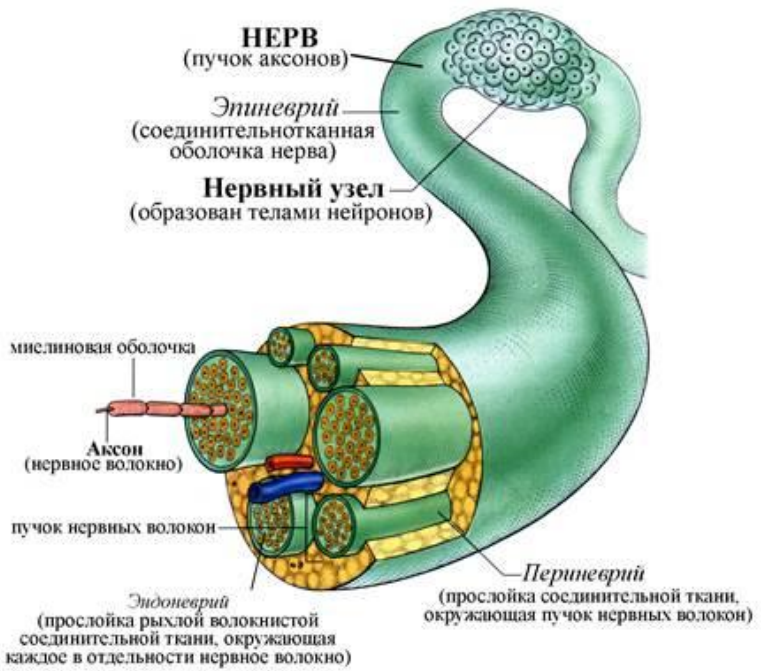


5 звеньев рефлекторной дуги:

1. **Рецептор** - воспринимает раздражение и преобразует его в нервный импульс.
2. **Чувствительный (центростремительный) нейрон** - передает возбуждение к центру.
3. **Нервный центр** - возбуждение переключается с чувствительных нейронов на двигательные (в трехнейронной дуге имеется вставочный нейрон).
4. **Двигательный (центробежный) нейрон** - несет возбуждение от центральной нервной системы к рабочему органу.
5. **Рабочий орган** - реагирует на полученное раздражение.

Нервные волокна — отростки нейронов, покрытые глиальными оболочками.
В различных отделах нервной системы оболочки нервных волокон значительно отличаются по своему строению, что лежит в основе деления всех волокон на миелиновые и безмиелиновые.

Нервы состоят из отростка нервной клетки, лежащего в центре волокна - осевого цилиндра (аксона), и окружающей его миелиновой оболочкой. Волокна аксонов в **ПНС** окружены неврилеммой – оболочкой из выростов леммоцитов - шванновских клеток, фактически мембраной без цитоплазмы - миелина (белково-липидного комплекса)-позвоночные; их называют миелинизированными (мякотными). Волокна же, окруженные леммоцитами, погруженные в них, называют немиелинизированными (безмякотными). Участок аксона, где две смежные шванновские клетки соприкасаются друг с другом, называется перехватом Ранвье.



В **ЦНС** миелиновая оболочка нервных волокон образована особым типом глиальных клеток – олигодендроцитами. Каждая из этих клеток формирует миелиновую оболочку сразу нескольких аксонов. Немиелинизированные волокна в ЦНС лишены оболочки из каких-либо специальных клеток.

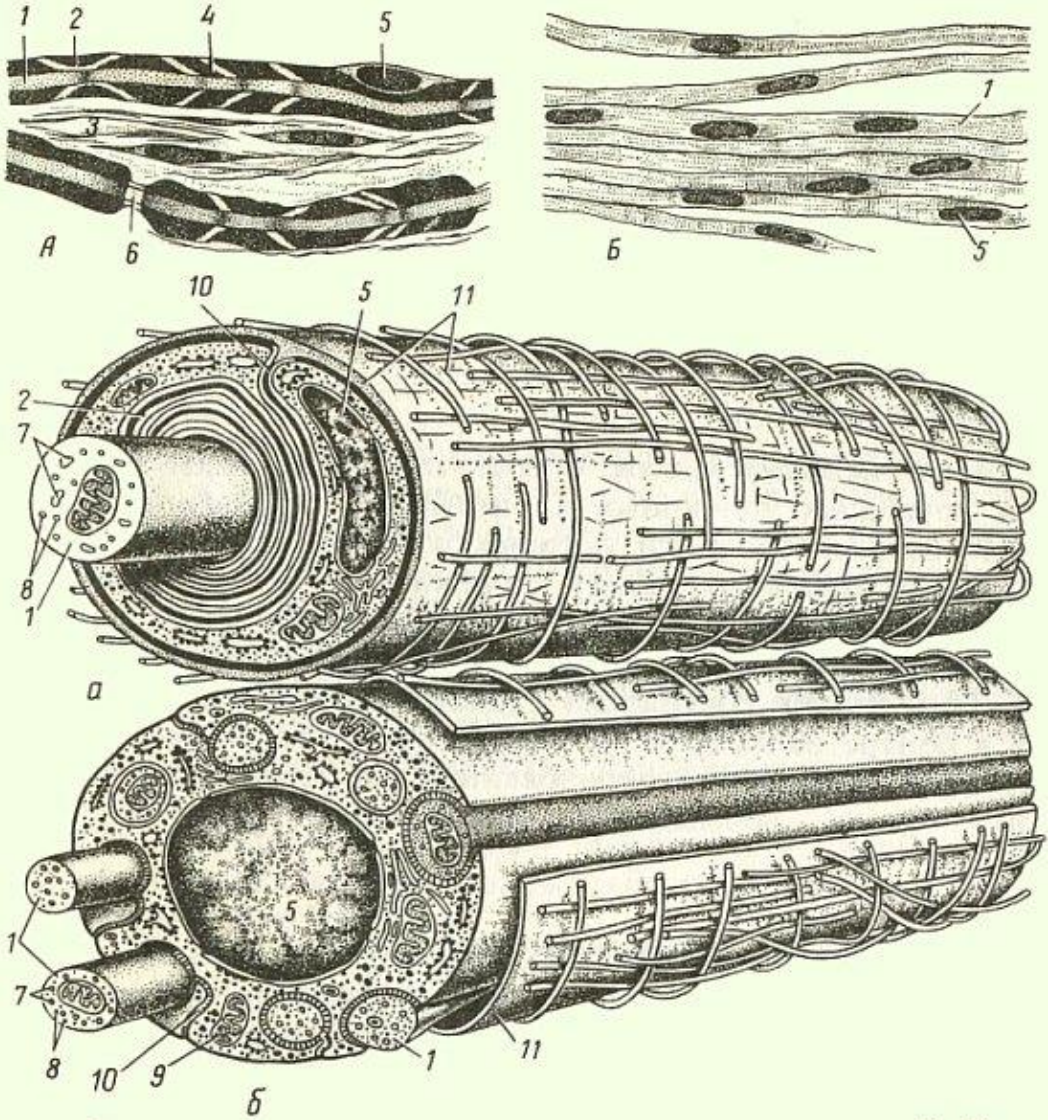
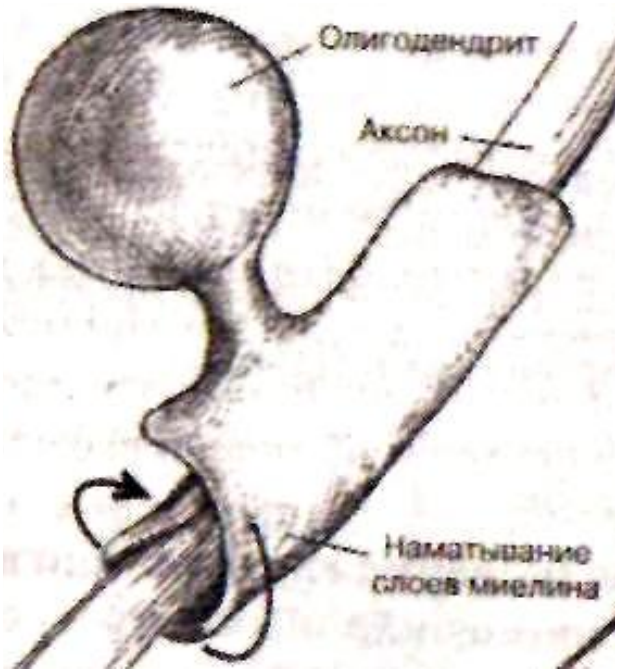
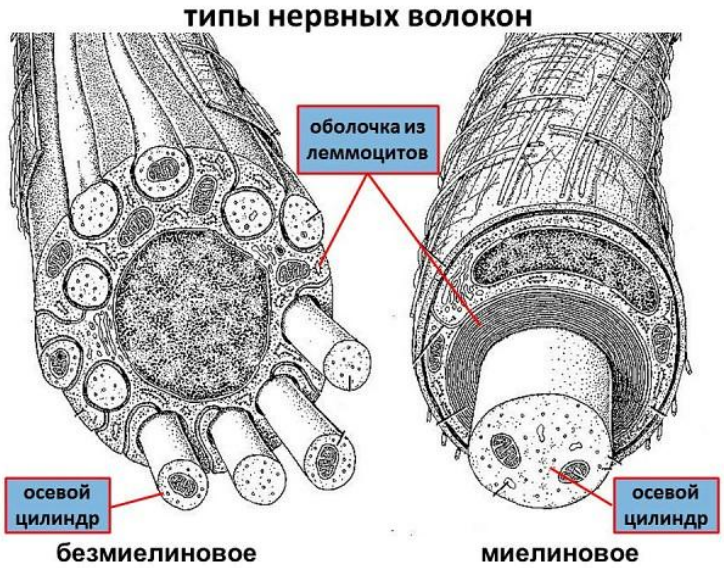


Схема строения нервных волокон на светооптическом (А, Б) и ультрамикроскопическом (а,б) уровнях

А, а - миелиновое волокно; Б, б - безмиелиновое волокно

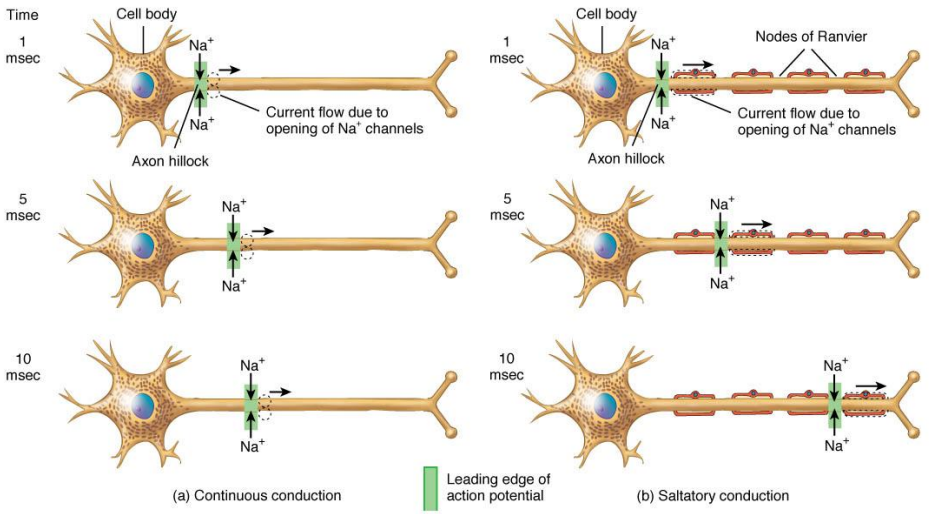
1 - осевой цилиндр, 2 - миелиновый слой, 3 - соединительная ткань, 4 - насечка миелина, 5 - ядро нейролеммоцита, 6 - узловой перехват, 8 - нейрофиламенты, 9 - митохондрии, 10 - мезаксон, 11 - базальная мембрана



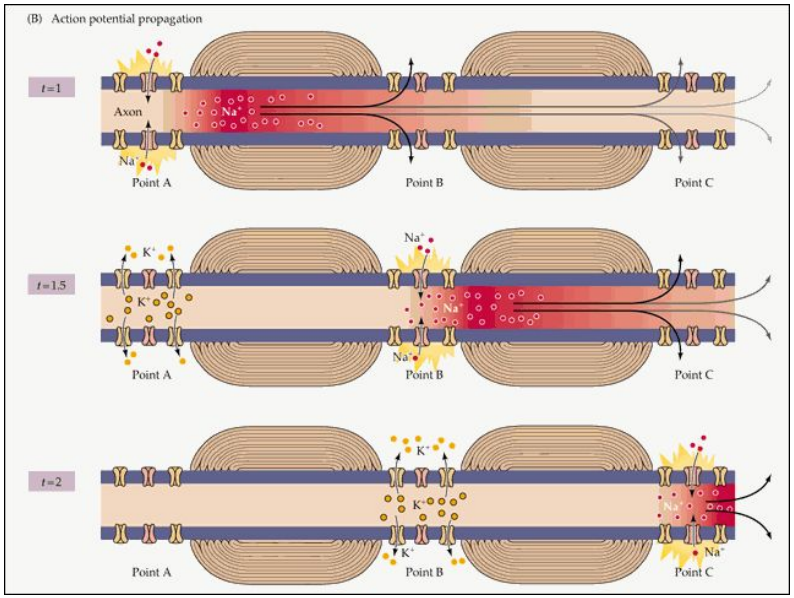


МЕХАНИЗМ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО БЕЗМИЕЛИНОВЫМ НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ

1. Безмиелиновое нервное волокно имеет Na+ каналы на протяжении всей своей длины.
2. Когда потенциал действия возникает в триггерной зоне, Na+ входит в аксон и диффундирует в смежные области прямо под плазматической мембраной.
3. Возникающая в результате деполяризация возбуждает потенциалозависимые Na+ каналы дистальнее потенциала действия (электротонически, механизм – локальные точки)
4. Натриевые и калиевые каналы открываются и закрываются так же, как в триггерной зоне, и возникает новый потенциал действия. В то же время проксимальны участок нервного волокна находится в рефрактерном периоде и не может возбудиться.
5. Эта цепная реакция продолжается, пока передающийся сигнал не достигнет конца аксона.



МЕХАНИЗМ САЛЬТАТОРНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО МИЕЛИНОВЫМ НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ



1. Na+ каналы в высокой концентрации находятся в перехватах и практически отсутствуют в участках мембраны аксона под миелиновой оболочкой. Таким образом, потенциалы действия возникают только в перехватах Ранвье.

2.В момент возбуждения поверхность мембраны перехвата А становится электронегативной по отношению к следующему перехвату В. Это вызывает локальный ток, идущий к перехвату В.

3.Ток, идущий к перехвату В, возбуждает его и вызывает перезарядку его мембраны.

4.Возбуждение все еще продолжается в перехвате *А*, и он становится рефрактерным на некоторое время, так что перехват В способен возбудить только следующий перехват.

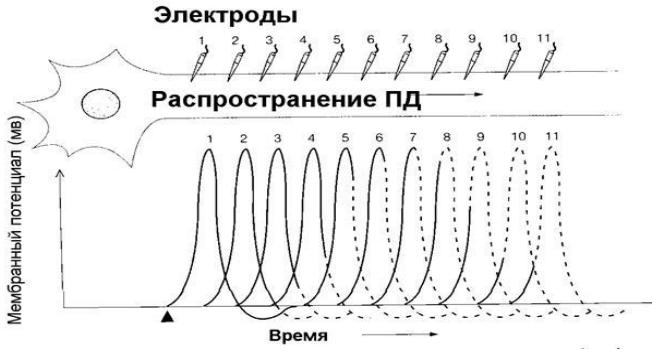
5.Сальтаторное проведение ПД возможно, поскольку амплитуда ПД в каждом перехвате в 5-6 раз выше порогового уровня, необходимого для возбуждения соседнего перехвата.

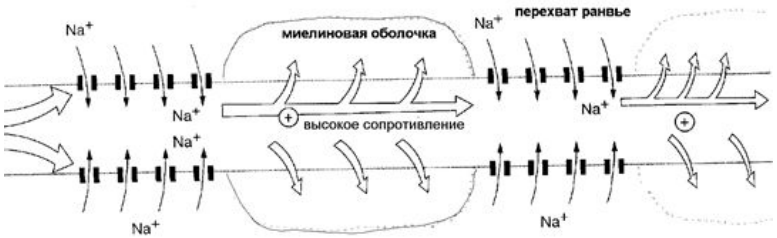
6.При определенных условиях, ПД может «перепрыгивать» через один-два межперехватных участка.

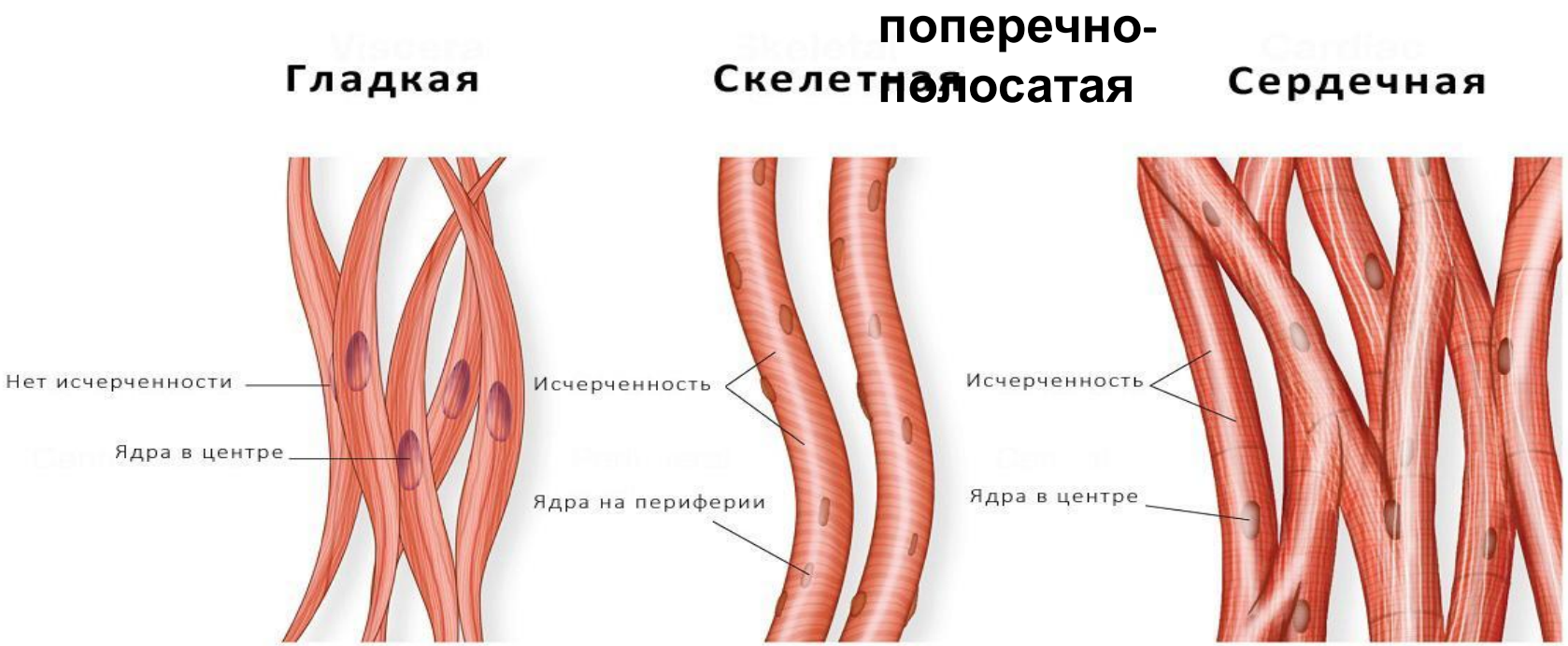
Законы проведения возбуждения по нервным волокнам

- Закон анатомической и физиологической непрерывности – возбуждение может распространяться по нервному волокну только в случае его морфологической и функциональной целостности.
- Закон двустороннего проведения возбуждения – возбуждение, возникающее в одном участке нерва, распространяется в обе стороны от места своего возникновения. В организме возбуждение всегда распространяется по аксону от тела клетки (ортодромно).
- Закон изолированного проведения – возбуждение, распространяющееся по волокну, входящему в состав нерва, не передается на соседние нервные волокна.

Нервные волокна различаются по диаметру и степени миелинизации. Чем больше диаметр нервного волокна и степень его миелинизации, тем выше скорость проведения возбуждения. Волокна с разной скоростью (А, В, С) проведения выполняют различные физиологические функции.

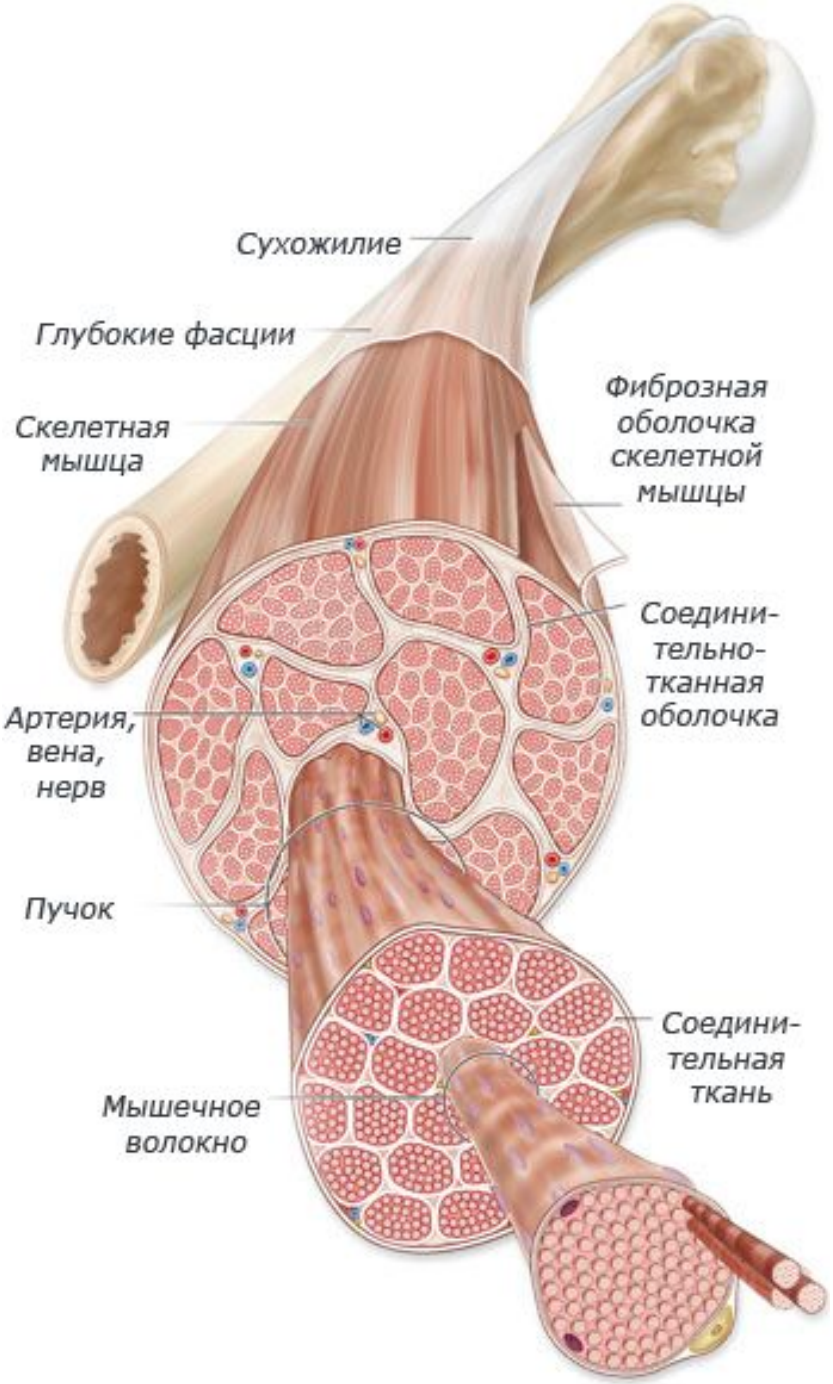


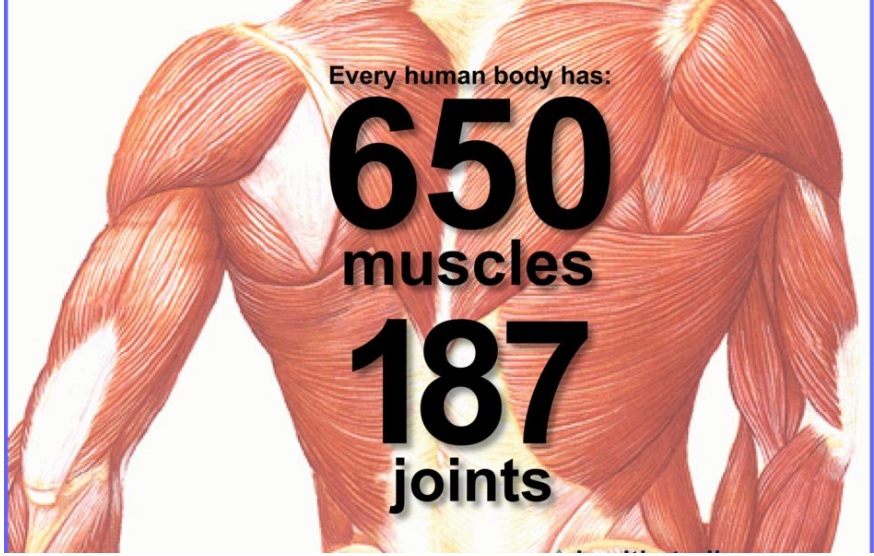


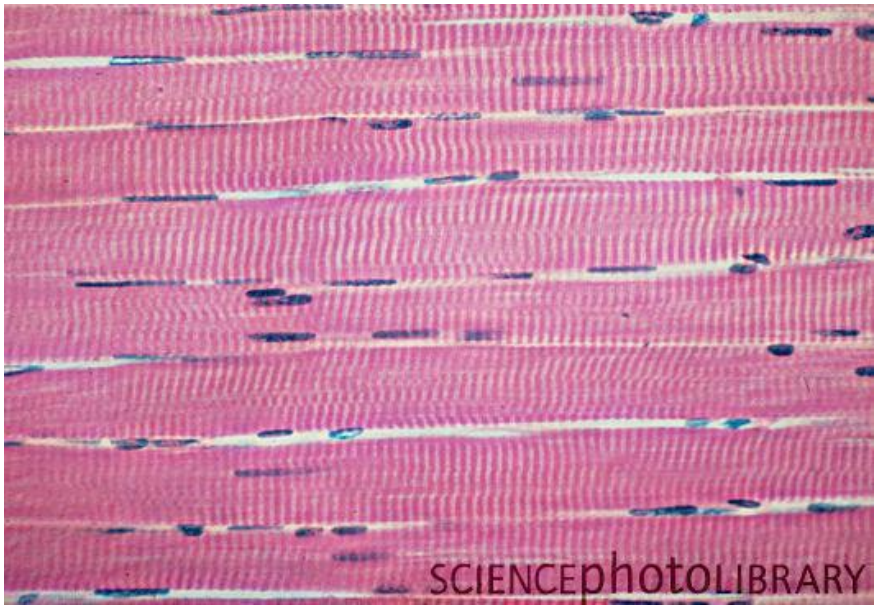


Скорость	Медленные	Быстрые	Быстрые
Где находится	Внутренние органы, стенки сосудов	Туловище, конечности, голова и шея	Сердце
Контроль	Непроизвольно	Произвольно	Непроизвольно

Типы мышечной ткани

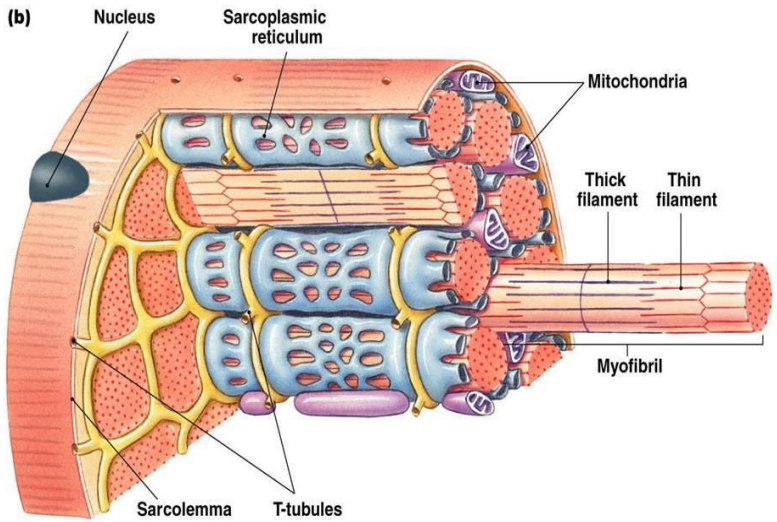


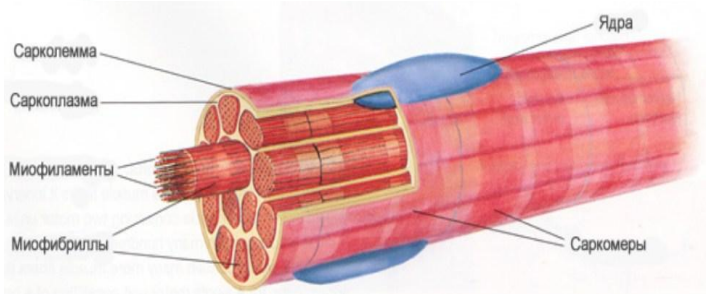


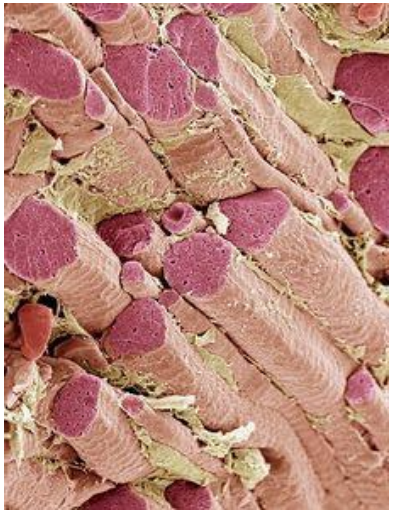


Поперечно-полосатая мышечная ткань

Строение мышцы







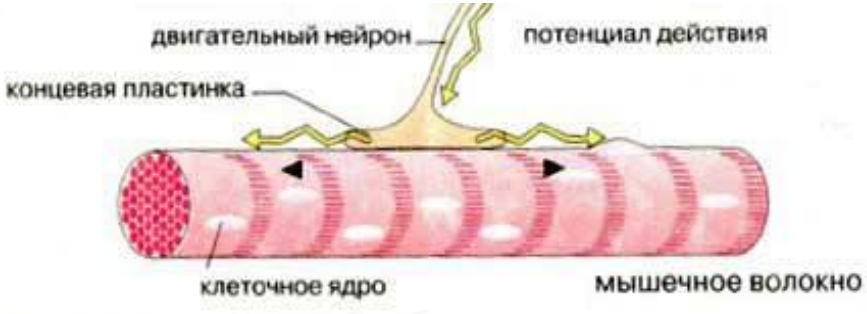
«Клетка» скелетной мышцы - **мышечное волокно=симпласт** - содержат сократительные нити (**миофибриллы**), состоящие из двух разных белков – **филаментов** (**актина и миозина**). Толстые и тонкие филаменты образуют периодический рисунок вдоль каждой миофибриллы. Регулярно повторяющийся элемент этого рисунка известен как **саркомер.**

Каждый мышечный пучок покрывает соединительнотканная пленка, а всю мышцу – общая оболочка – **фасция**.

Напряжение целой мышцы зависит от величины напряжения, развиваемого каждым волокном, и от количества активных волокон в мышце.

ДЕ (двиг./нейромотор.ед) = м.в-на+мотонейрон

1 коллатераль аксона мотонейрона
+1 мыш.волокно (одиночная)
или множественная иннервация
(неск мотонейронов и 1 мыш.волокно)



Сухожилия

Кость

Мышца

Пучок мышечных волокон

Миофибриллы

Мышечное волокно

Z-диски

Два саркомера миофибриллы

A-зона

I-зона

H-зона

Молекулы G-актина

Молекула F-актина

Саркомер

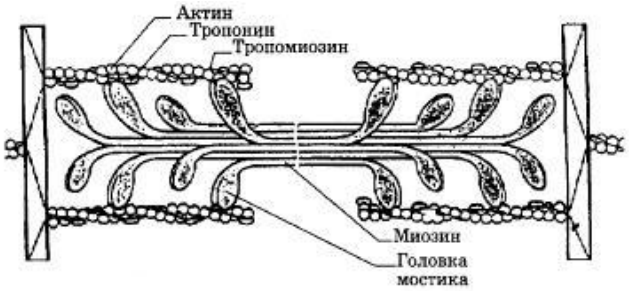
Миозиновая нить

M-зона

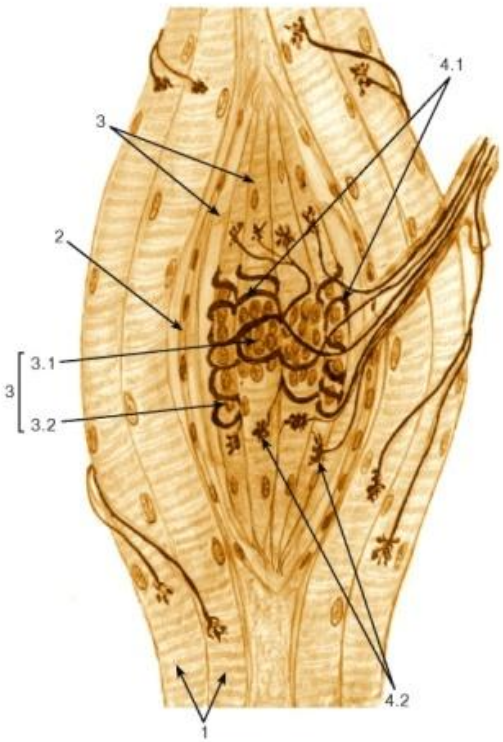
Z-диск

Актиновые нити

Молекула миозина



-по типу иннервации
-по механизму работы



Типы мышечных волокон белых мышц:

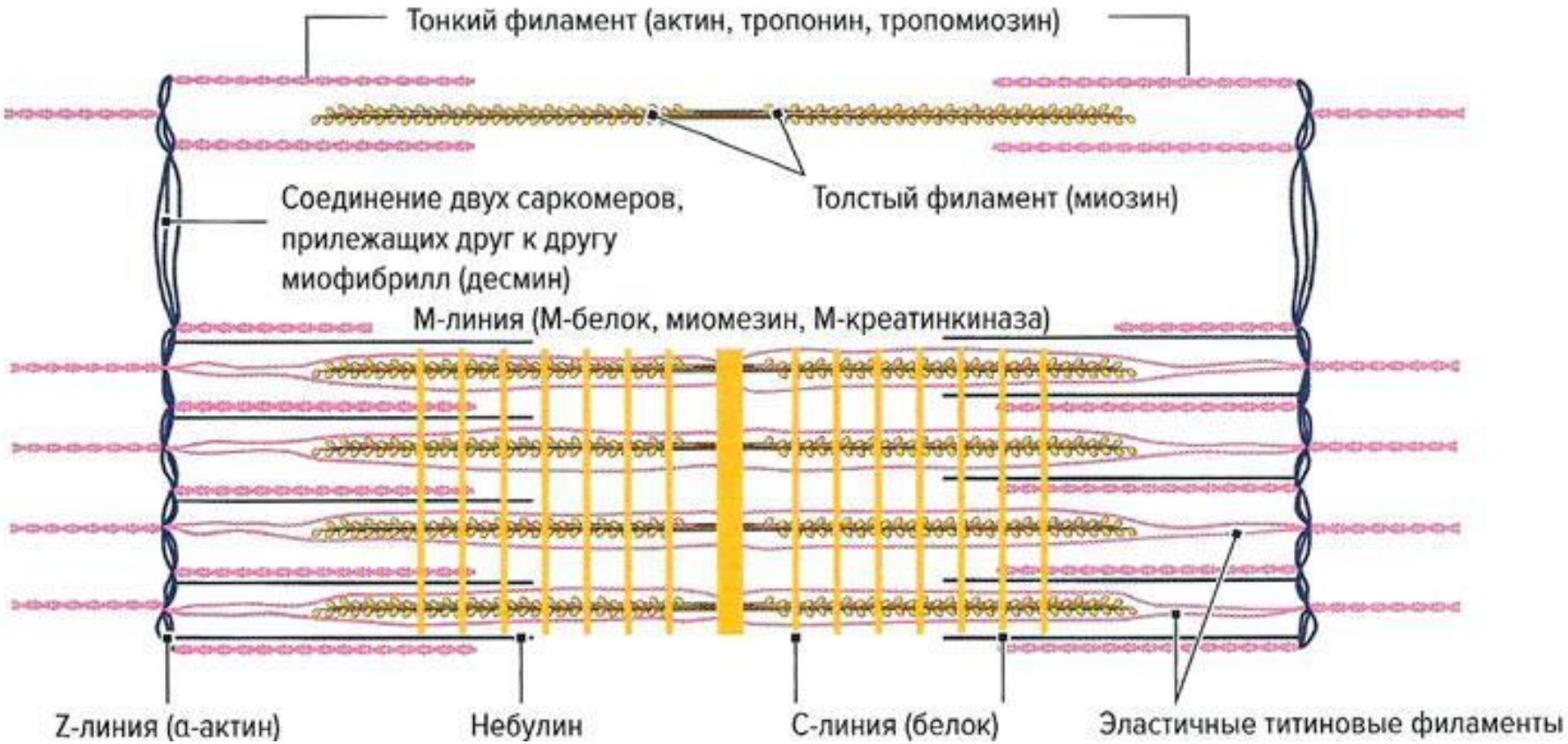
- медленные неутомляемые (I тип);
- быстрые неутомляемые или промежуточные (IIA тип);
- быстрые утомляемые (IIB тип);
- IIC тип

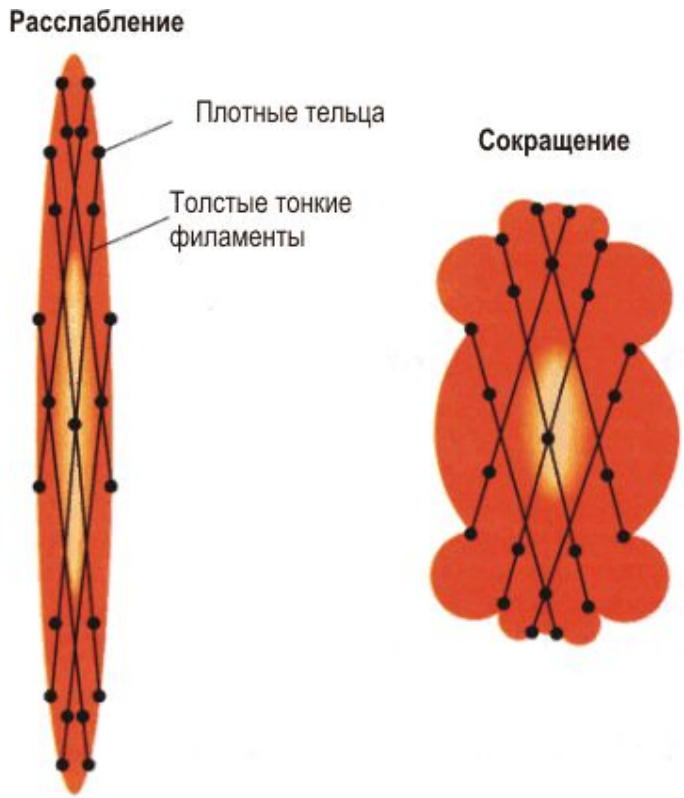
<u>Мышечные волокна млекопитающих делятся на:</u>

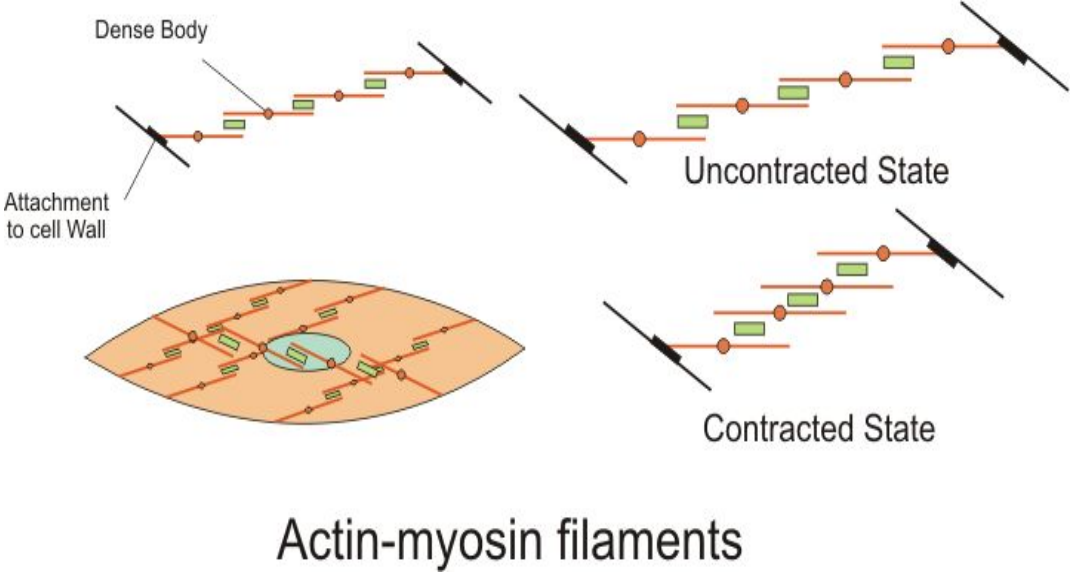
- экстрафузальные - выполняют всю работу сокращения мышцы
- интрафузальные - для детектирования натяжения.

Показатель	Быстрые гликолитические волокна	Быстрые оксидативные волокна	Медленные оксидативные волокна
Главный источник АТФ	Гликолиз	Окислит. фосфорил-ние	Окислит. фосфорил-ние
Митохондрии	Мало	Много	Много
Содержание миоглобина	Низкое (белые)	Высокое (красные)	Высокое (красные)
Содержание гликогена	Высокое	Промежуточное	Низкое
Активность АТФазы миозина	Высокая	Высокая	Низкая
Скорость укорочения	Быстрая	Быстрая	Медленная
Диаметр волокна	Большой	Средний	Малый
Величина мотонейрона	большая	средняя	малая
Количество мышечных волокон	большое	среднее	малое
Скорость распространения возбуждения по нерву	высокая	высокая	низкая
Время сокращения	недлительное	среднее	длительное
Максимальная сила	высокая	средняя	низкая
Скорость сокращения	высокая	средняя	низкая
Частота волокон	высокая	средне-высокая	низкая
Утомляемость	быстрая	замедленная	малая
Обмен веществ	анаэробный	аэробный	аэробный
Кровоснабжение	низкое	хорошее	хорошее
Паттерн разрядки	групповая	групповая	непрерывная
Преобладающая функция	быстрые движения		поддержание позы

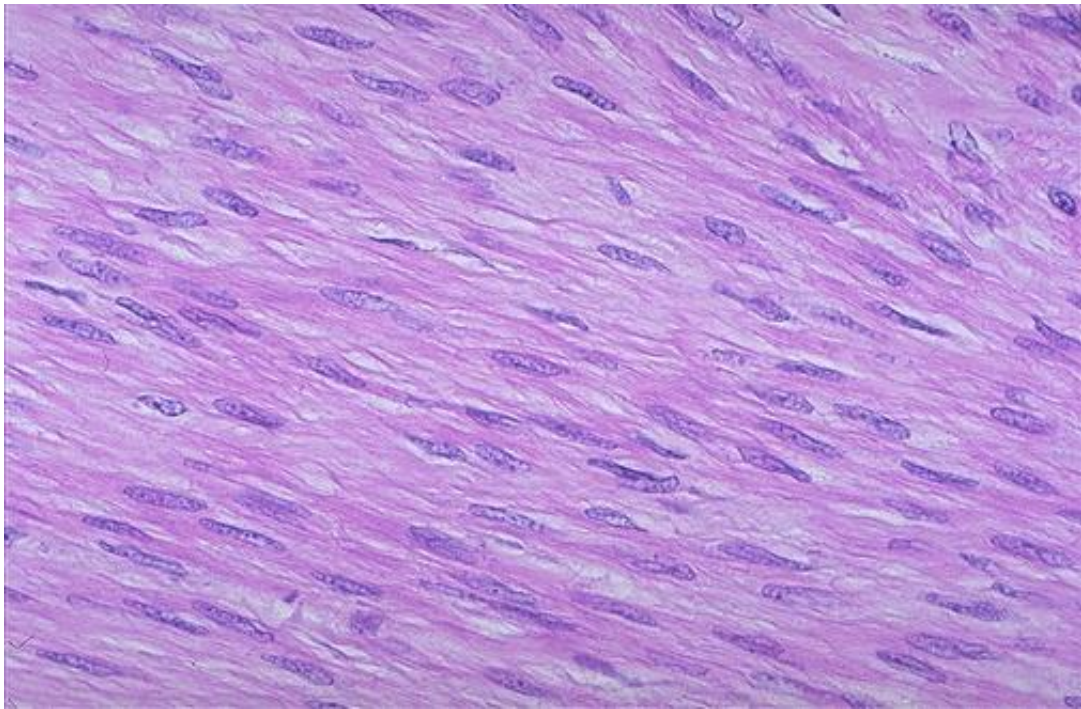
Строение саркомера

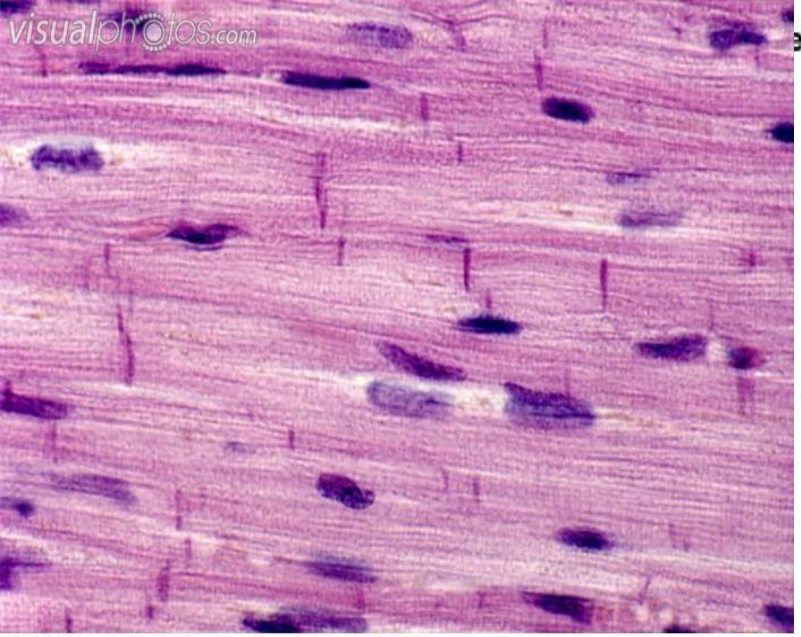


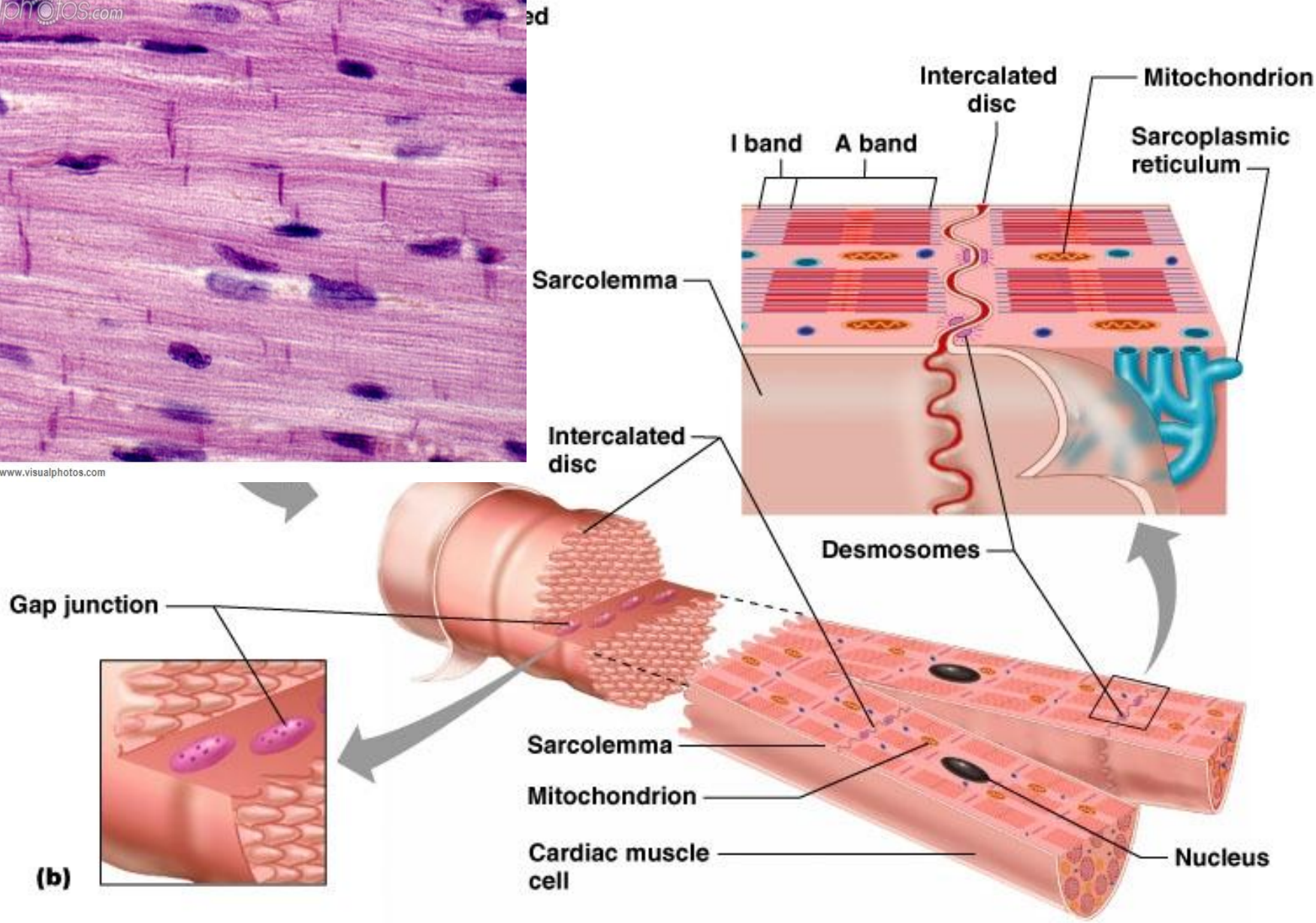




Гладкая мышечная ткань





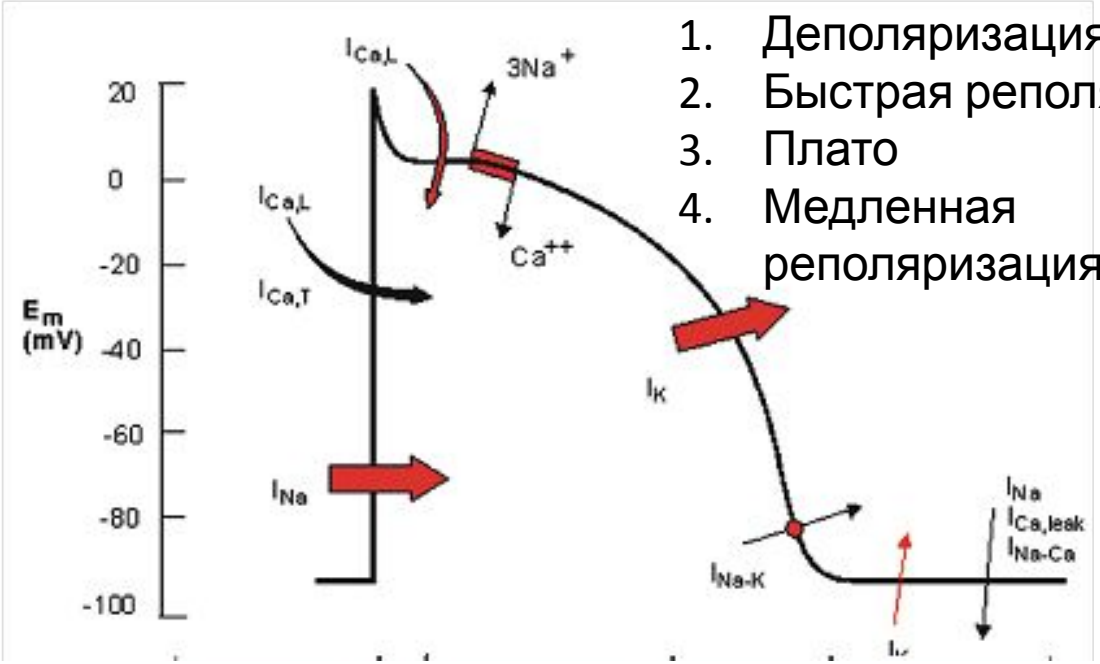


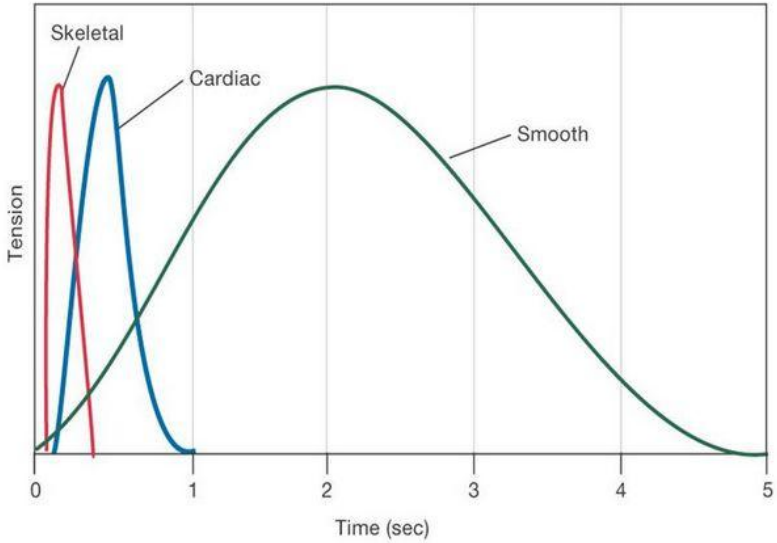
Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

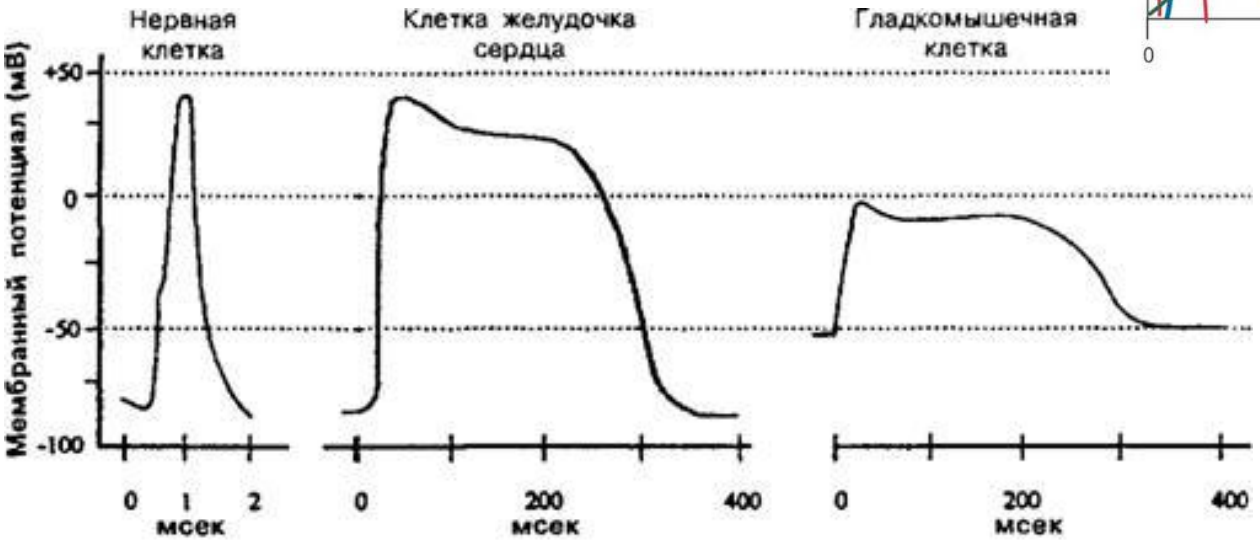
Сердечная мышечная ткань

ПД мышечной ткани

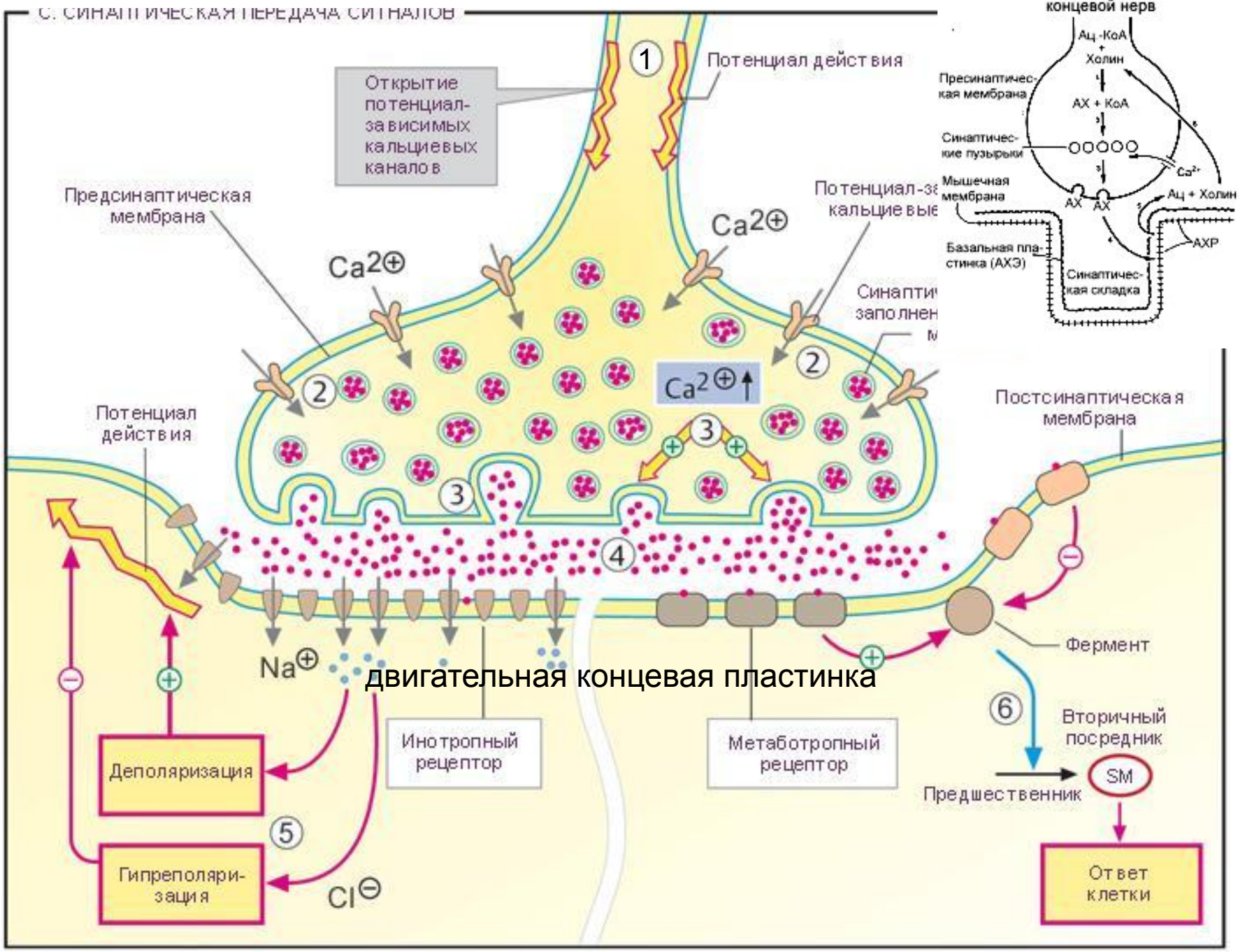
1. Деполяризация
2. Быстрая реполяризация
3. Плато
4. Медленная реполяризация

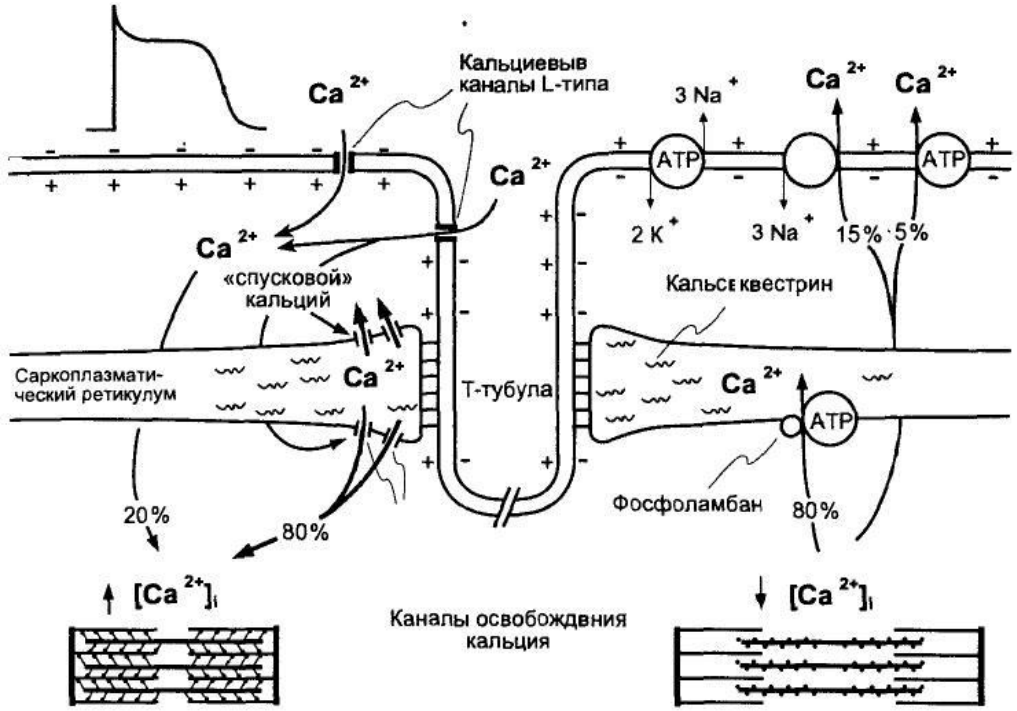




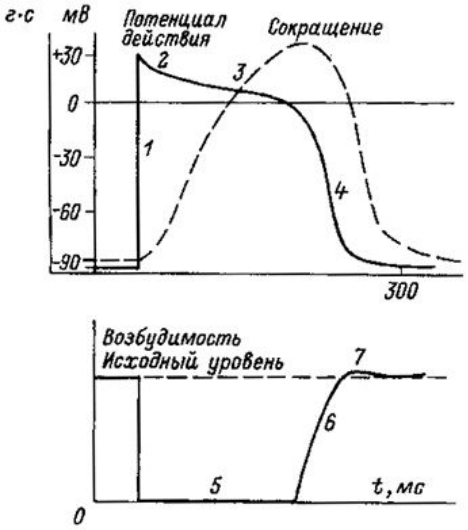


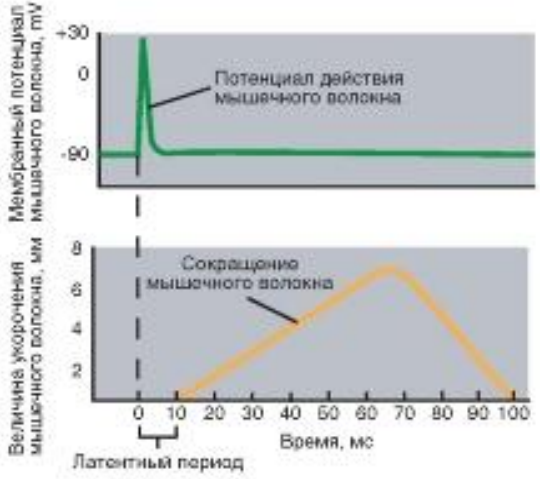
Потенциалы действия клеток разных тканей имеют неодинаковую конфигурацию


С. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ
Открытие потенциал-зависимых кальциевых каналов
Потенциал действия
Предсинаптическая мембрана
Ca2⊕
Ca2⊕
Ca2⊕↑
Потенциал действия
Постсинаптическая мембрана
Na⊕
двигательная концевая пластинка
Фермент
Деполяризация
Гипреполяризация
Cl⊖
Ионотропный рецептор
Метаботропный рецептор
Вторичный посредник
Предшественник
SM
Ответ клетки
концевой нерв
Ац-КоА + Холин
Пресинаптическая мембрана
АХ + КоА
Синаптические пузырьки
Мышечная мембрана
Ац + Холин
АХ
АХР
Базальная пластинка (АХЭ)
Синаптическая складка

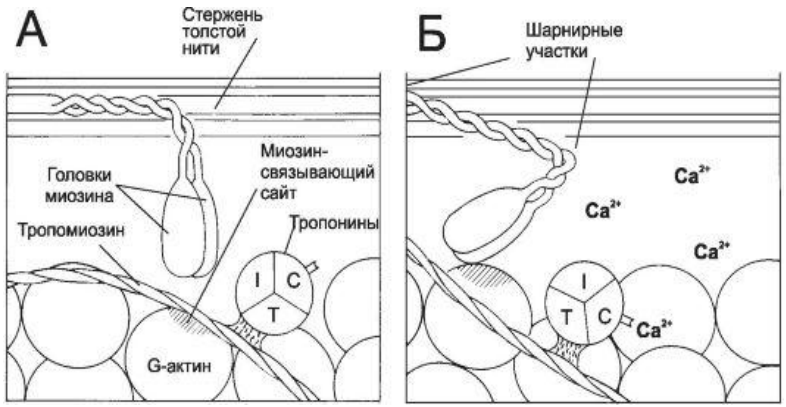


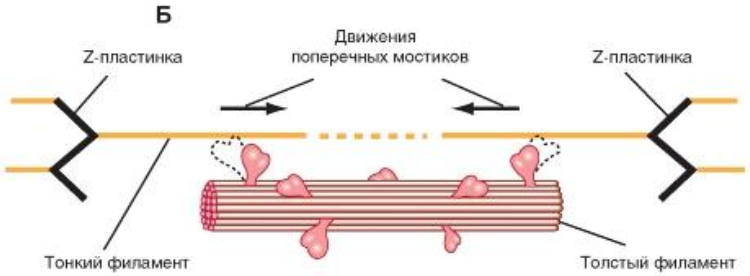
Сопряжение возбуждения с сокращением и расслаблением представляет комплекс процессов, связывающих электрическую деполяризацию на сарколемме и СПР с механическими событиями в миофибриллах, при этом необходимым компонентом является Са. Начало мышечного сокращения приурочено к началу реполяризации.

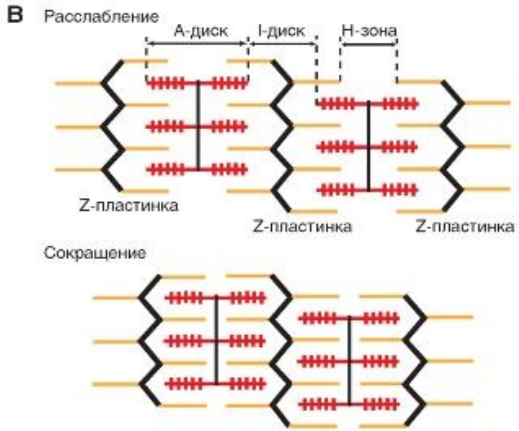




Длительность сокращения в каждой точке мышечного волокна в десятки раз превышает продолжительность ПД. Поэтому наступает момент, когда ПД прошел вдоль всего волокна и закончился, волна же сокращения охватила все волокно и оно продолжает быть укороченным. Это соответствует моменту <u>максимального укорочения или напряжения мышечного волокна</u>.

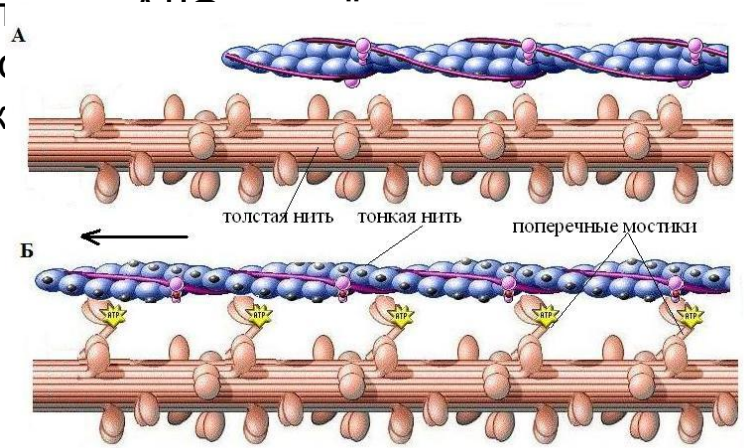




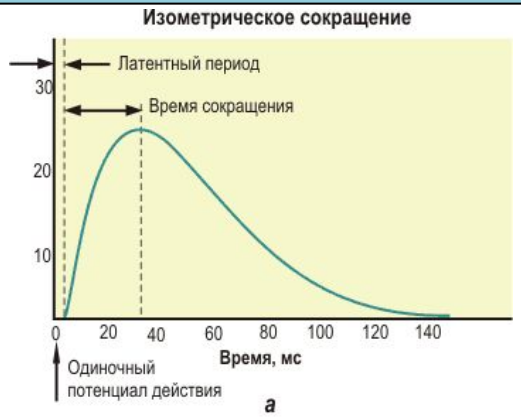


Цикл:

1. Свободная головка миозина связывается с АТФ и гидролизует его до АДФ и фосфата и остаётся связанной с ними. (энергия, выделившаяся при гидролизе, запасается в изменённой конформации миозина). Ионы Са++ повышают АТФ-азную активность миозина. Под влиянием АТФ изменяются и механические свойства миозиновых нитей - резко увеличивается их растяжимость.
2. Головки слабо связываются со следующей субъединицей актина, фосфат отделяется, и это приводит к прочному связыванию головки миозина с актином. Эта реакция уже необратима.
3. Головка претерпевает конформационное изменение, производящее подтягивание толстого филамента к Z-диску.
4. Отдел[illegible]еляется от актин[illegible]ся новая молек[illegible]



В 1954 г. две группы исследователей Х. Хаксли с Дж. Хэнсон и А. Хаксли с Р. Нидергерке «т. скользящих нитей»



Сила мышц зависит от частоты нервных импульсов, посылаемых к мышце, синхронизации сокращения большого числа моторных единиц, преимущественного вовлечения в сокращение того или иного типа моторных единиц.

Мышечное сокращение — реакция мышечных клеток на воздействие нейромедиатора, реже гормона, проявляющаяся в уменьшении длины клетки.

При активации мышечного волокна возможны **3 типа сокращения**:

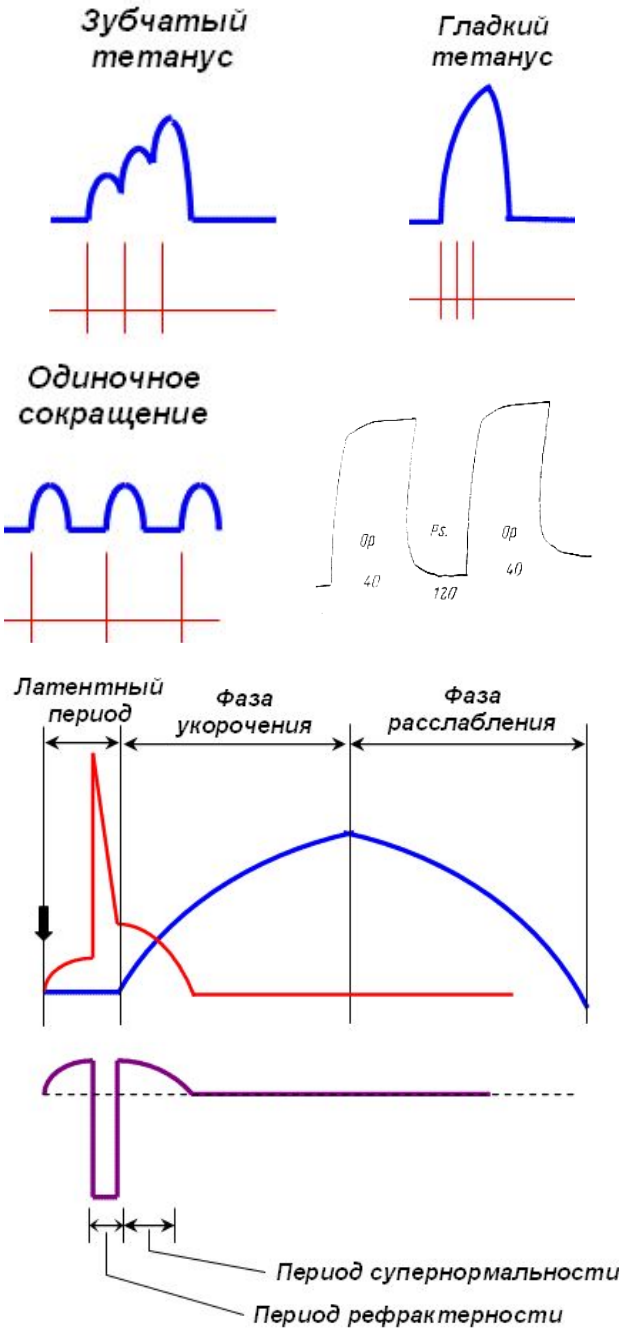
- изометрическое сокращение: мышца генерирует напряжение, но ее длина не меняется;
- изотоническое сокращение: мышца укорачивается, перемещая нагрузку;
- удлиняющее сокращение - внешняя нагрузка заставляет мышцу удлиняться во время сократительной активности.

Повышение частоты потенциалов действия мышечного волокна сопровождается увеличением механической реакции (напряжения или укорочения) до тех пор, пока не будет достигнут максимальный уровень тетанического напряжения. Максимальное изометрическое тетаническое напряжение развивается в случае оптимальной длины саркомера. При растяжении волокна более оптимальной длины или уменьшении длины генерируемое им напряжение падает. Скорость укорочения мышечного волокна снижается при повышении нагрузки. Максимальная скорость соответствует нулевой нагрузке.

Физиологические свойства скелетных мышц:

1) возбудимость (ниже, чем в нервном волокне, что объясняется низкой величиной мембранного потенциала);
2) низкая проводимость, порядка 10–13 м/с;
3) рефрактерность (занимает по времени больший отрезок, чем у нервного волокна);
4) лабильность;
5) сократимость (способность укорачиваться или развивать напряжение).
6) эластичность (способность развивать напряжение при растягивании).
7) пластичность (способность сохранять приданную растяжением длину без изменения напряжения) - особенно у гладких мышц.
8) Растяжимость (способность мышцы изменять свою длину под действием растягивающей её силы)

Различают одиночные и тетанические сокращения.

Одиночные сокращения возникают при действии одиночного раздражения, а *тетанические* возникают в ответ на серию нервных импульсов (зубчатый, сплошной/гладкий тетанусы);

В одиночном **сокращении** различают две основные фазы: фазу сокращения и фазу расслабления