

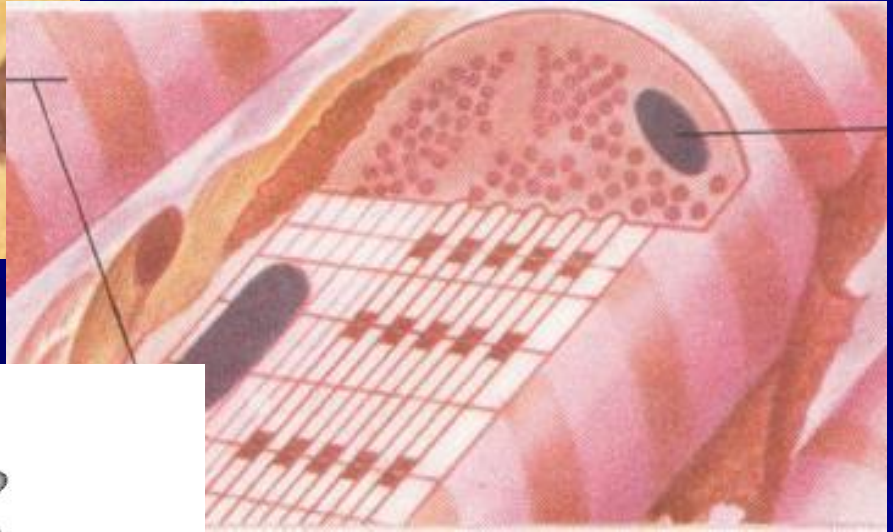
Физиология возбудимых тканей

Презентация лекции профессора
Банькова В.И.
для стоматологического факультета и
ВСО

Раздражимость является универсальным свойством живой материи, она определила способность клеток приспособливаться к меняющимся условиям внешней и внутренней среды и явилась основой объединения клеток в отдельные системы и создала условия для регуляции деятельности органов и систем.

Раздражимость – общее свойство всех тканей; способность изменять свое состояние в ответ на раздражение.

- В процессе эволюции возникают высокодифференцированные ткани (нервная и мышечная), у которых раздражимость приобретает свойство возбудимости.



Возбудимость – это способность специализированных тканей (нервной, мышечной, железистой) отвечать процессом возбуждения на действие раздражителей.

- Показатель возбудимости: **порог раздражения** - наименьшая величина раздражителя, которая способна вызывать возбуждение. Чем выше порог, тем ниже возбудимость и наоборот.

Возбуждение – временное повышение жизнедеятельности организма или его частей, наступающее при изменении условий существования.

Возбуждение – основной физиологический процесс электрического, сократительного или секреторного ответа специализированной ткани, которым организм отвечает на раздражение; обязательным компонентом является быстрое колебание электрического потенциала клеточной мембраны.

Виды электрических явлений в возбудимых тканях:

Биопотенциал в покое подразделяется на 2 вида:

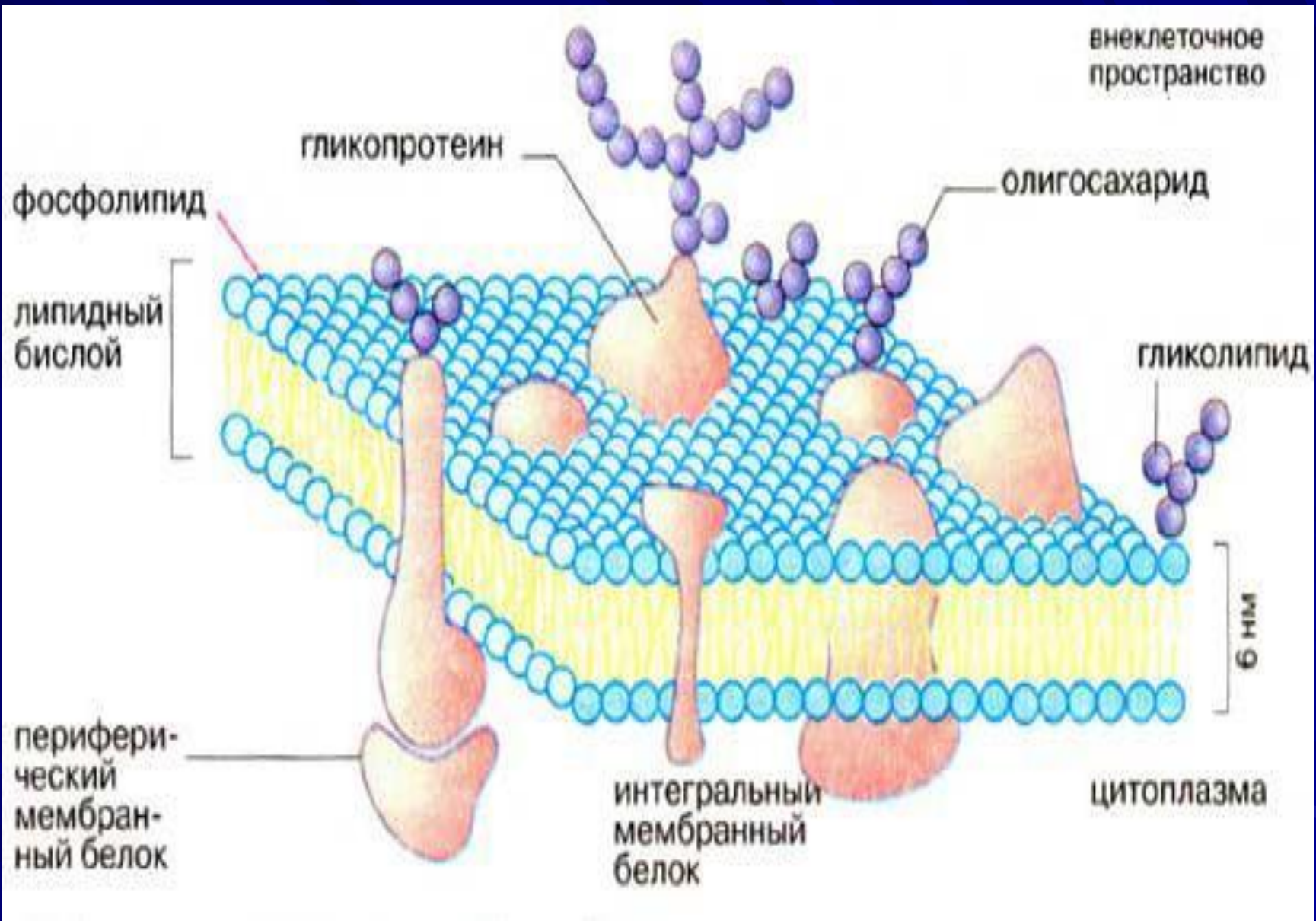
- МПП;
- миниатюрный потенциал концевой пластинки (синапс);

При возбуждении биопотенциал делится на:

1. Распространяющееся возбуждение (потенциал действия);
2. Местное возбуждение (локальный ответ):
 - все ответы на допороговые стимулы;
 - рецепторный (генераторный) потенциал;
 - секреторный потенциал;
 - постсинаптические потенциалы: а) возбуждающий;
б) тормозный;

Биологические мембраны.

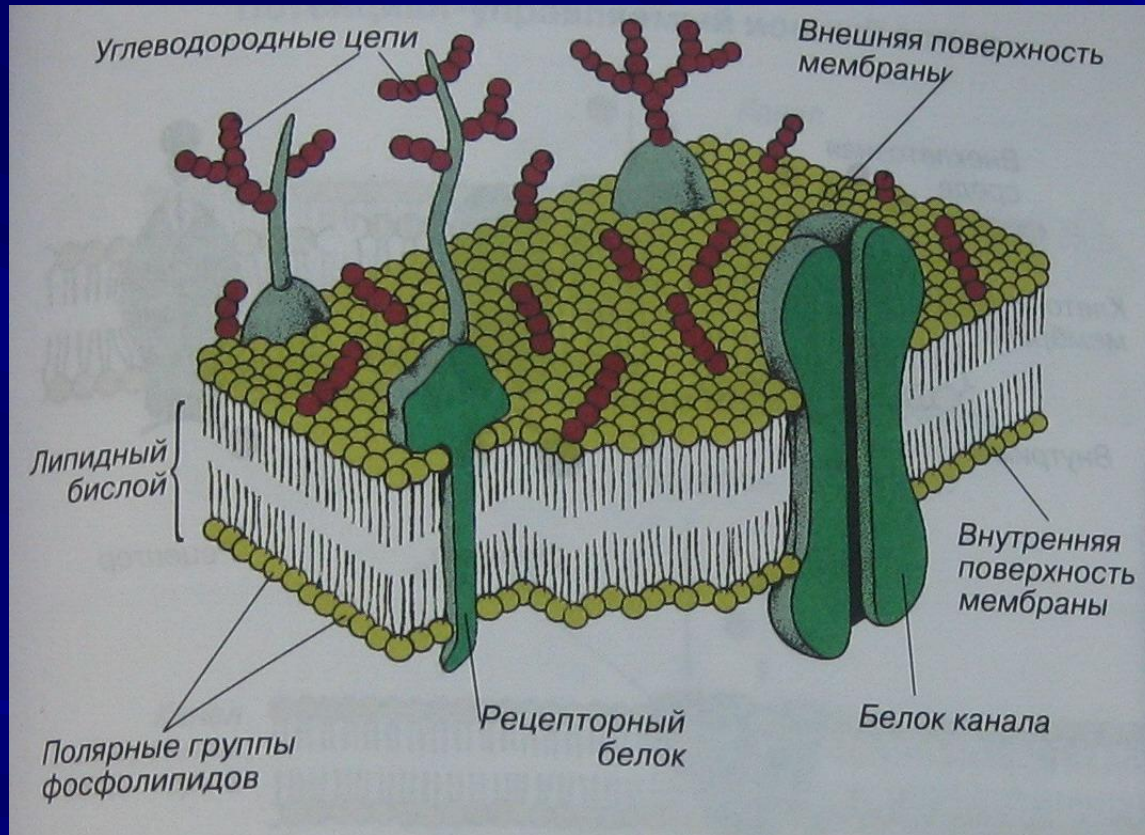
- Биологические мембраны – это функционально активные структуры клеток, которые ограничивают цитоплазму и большинство внутриклеточных структур и образуют единую систему канальцев, складок и замкнутых полостей внутри клетки.



Функции мембран:

- **формирование клеточных структур;**
- **поддержание внутриклеточного гомеостаза;**
- **участие в процессе возбуждения;**
- **участие в процессах фоторецепции;**
- **участие в процессах механорецепции;**
- **участие в процессах хеморецепции;**
- **осуществление накопления и трансформации энергии;**
- **участие в процессах: всасывания; секреции; газообмена; тканевого дыхания;**

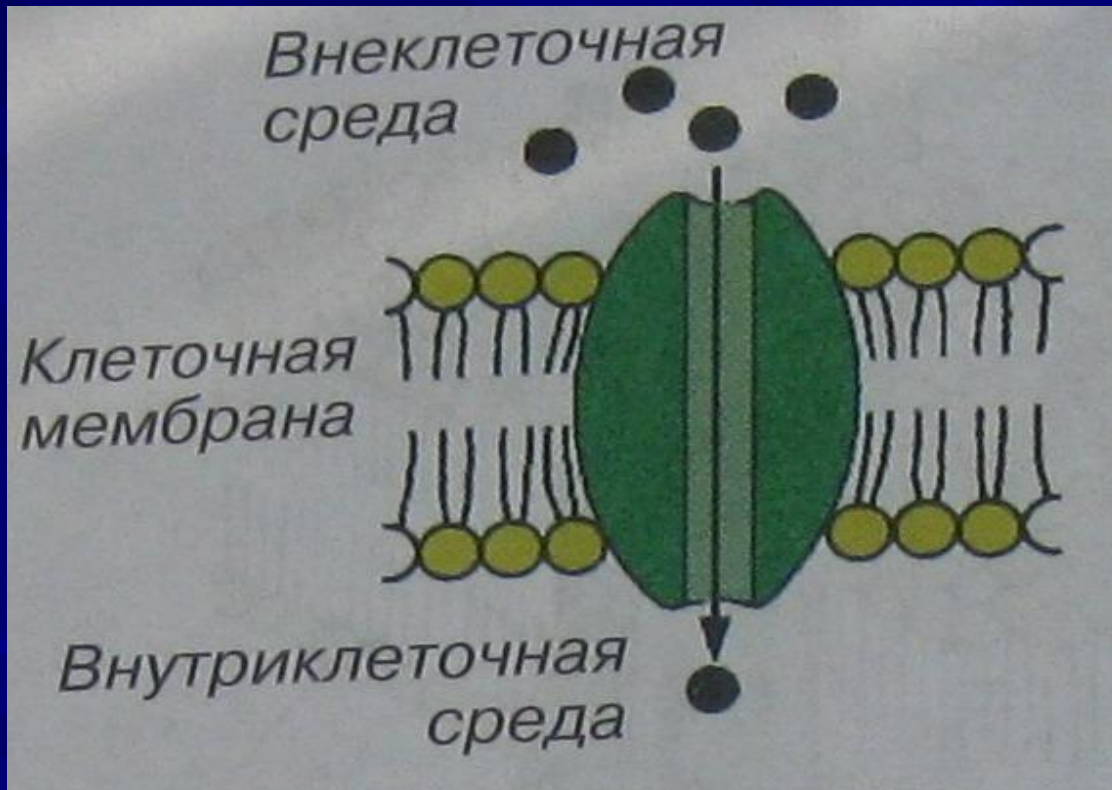
Структурная основа мембраны – это двойной слой фосфолипидов, в который встроены мембранные белки.



Белковые молекулы выполняют роль:

- - каналов;
- - рецепторов;
- - насосов;
- - ферментов

Ионный канал – это белковая макромолекула, образующая пору через двухслойную липидную мембрану.



Составные части ионоселективного канала:

- Пора - молекулярное динамическое образование. Образована транспортным ферментом, который способен в 200 раз ускорить диффузию.
- Сенсор напряжения – белковая молекула в самой мембране, способна реагировать на изменение мембранного потенциала.

- **Воротный механизм** – на внутренней стороне мембране, это белок, способный к конформации

Функции:

- -открывает канал (активирует);
- -закрывает канал (инактивирует);
- -чувствителен к химическим веществам

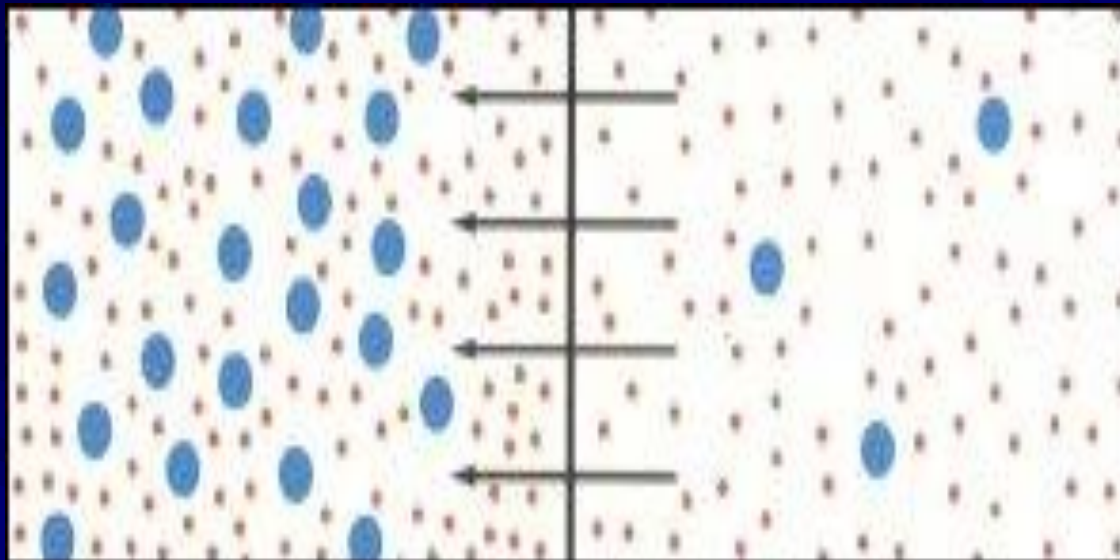
- Селективный фильтр – определяет однонаправленное движение ионов через пору и ее избирательную проницаемость.

Транспорт веществ через мембраны.

- Пассивный транспорт – осуществляется без затрат энергии.

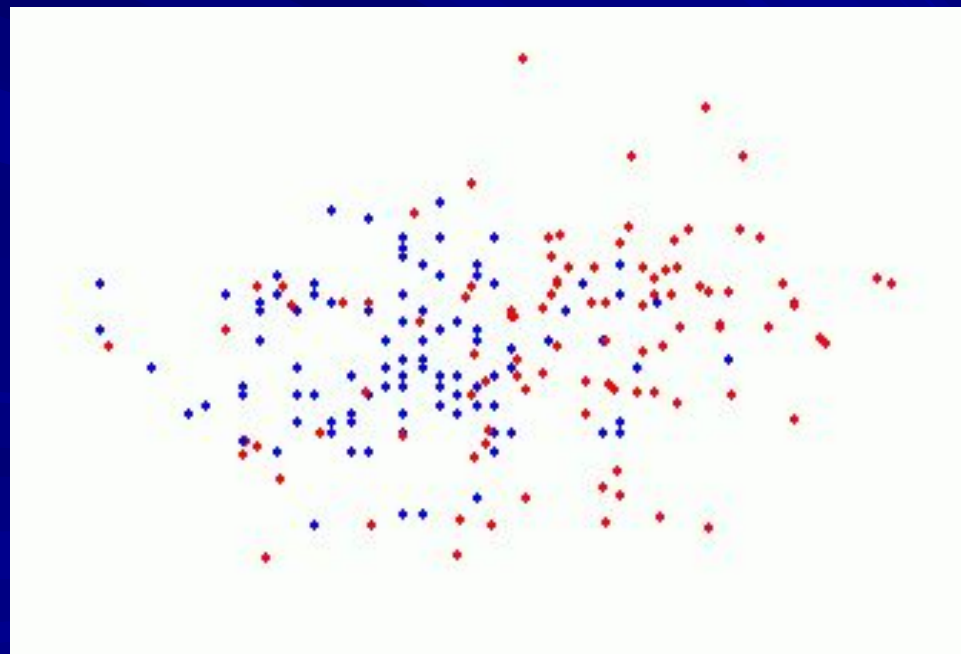
Виды пассивного транспорта:

- **Диффузия** – самопроизвольное взаимопроникновение (тепловое движение).
- **Осмоз** – движение молекул под влиянием осмотического давления.
- **Фильтрация** – естественное отделение от воды взвешенных частей.



Осмоз

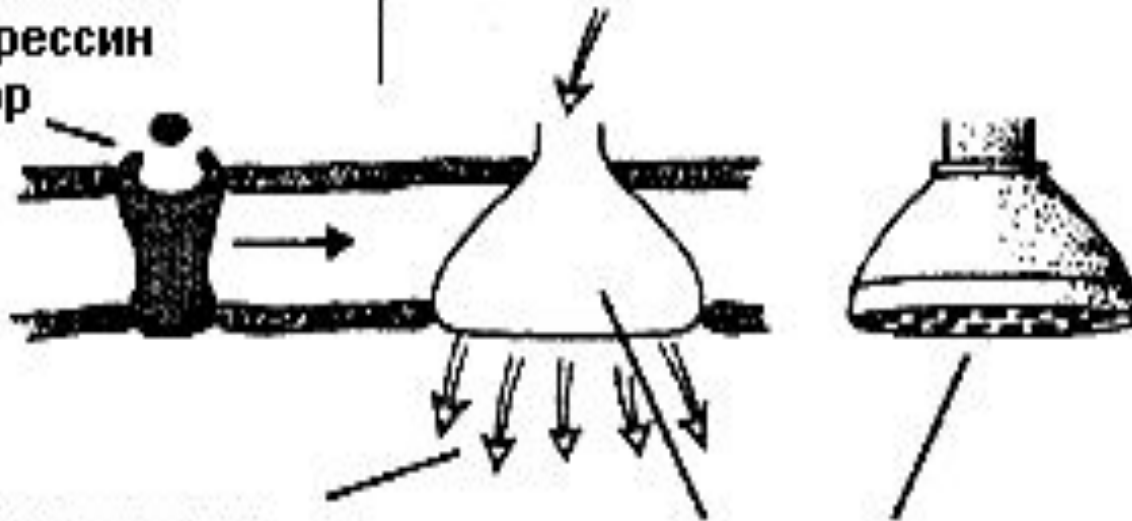
Диффузия



Фильтрация

Микроскопический сегмент
мембраны нервной клетки

Гормон вазопрессин
и его рецептор



В клетку проникают
только молекулы воды

Рецептор превращается
в "душевую сетку" и пропускает
в клетку только молекулы воды

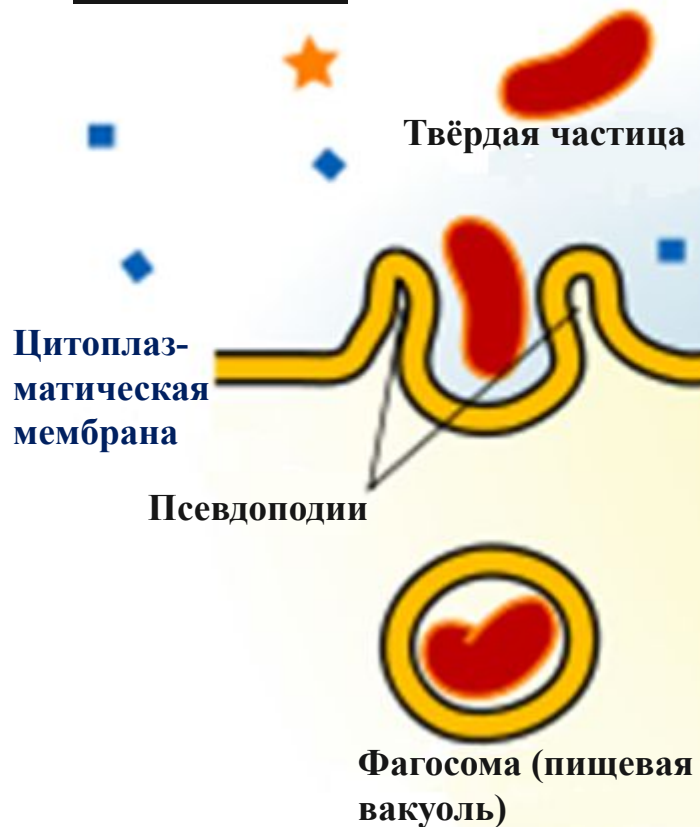
- **Активный транспорт** – осуществляется с затратой энергии против концентрационного градиента.

Виды активного транспорта:

- **Ионные насосы** - обеспечивают активный транспорт ионов и поддержание ионных градиентов по обе стороны мембраны.
- **Фагоцитоз** – транспорт крупных частиц за счет перестройки мембраны.
- **Пиноцитоз** - транспорт жидкости и мелких частиц из внешней среды за счет перестройки мембраны.

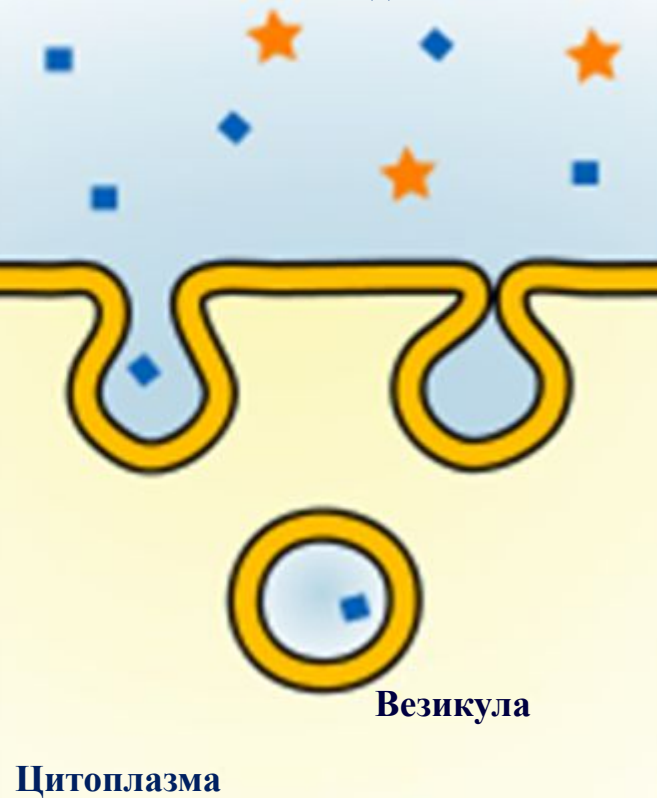
Эндоцитоз.

Фагоцитоз:

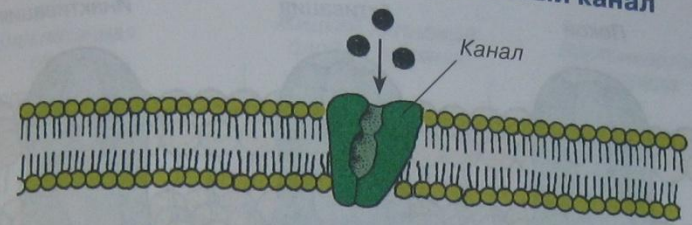


Пиноцитоз:

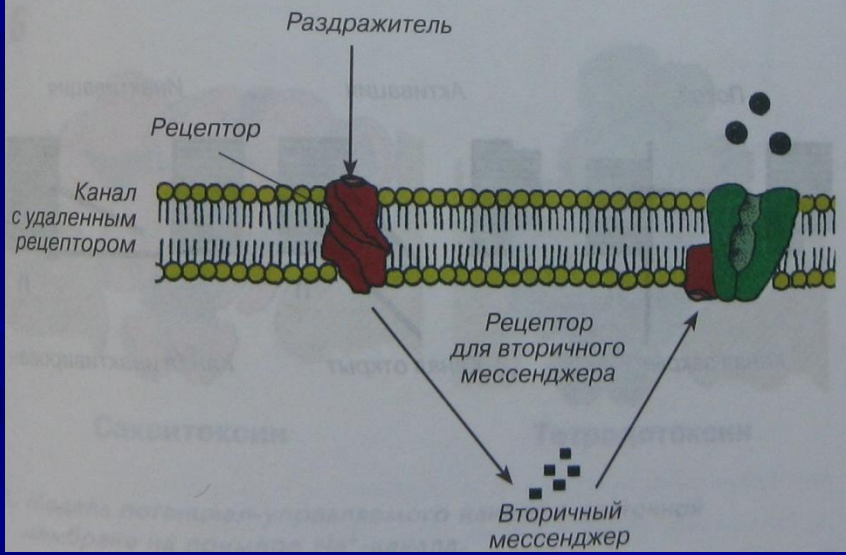
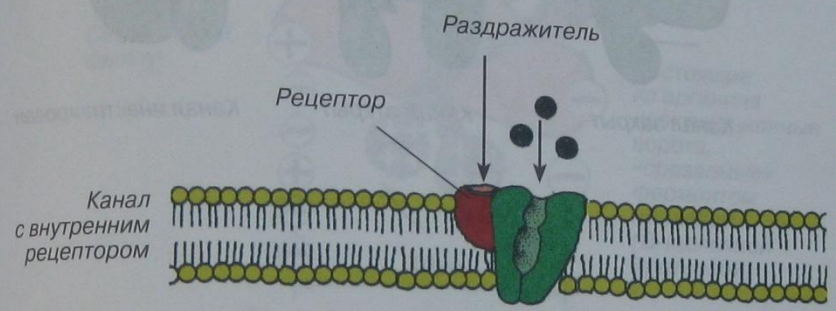
Внеклеточная жидкость



Потенциал-управляемый ионный канал



Рецептор-управляемые ионные каналы



В активном транспорте ионов участвуют специализированные ферментные системы – **АТФазы**, которые осуществляют гидролиз АТФ.

- **Натрий – калиевая - АТФ-аза** – обнаружена в клетках всех животных, растений и микроорганизмов;
- **Кальциевая – АТФ-аза** - наиболее широко распространена в мышечных клетках;
- **Протонная АТФ-аза** - локализована в мембранах митохондрий.

Na/K – АТФ-аза – это мембранный белок, молекула которого имеет два центра связывания ионов, один из них (натриевый) расположен на внутренней поверхности клеточной мембраны, а второй (калиевый) – на ее внешней поверхности.

- Гидролиз 1 молекулы АТФ сопровождается: -
выведением из клетки 3 Na⁺;
- закачиванием в клетку 2 K⁺.
- При увеличении количества ионов калия во внеклеточной среде или ионов натрия внутри клетки работа насоса усиливается.

При возбуждении в клетке происходят различные изменения:

✓ Общие признаки возбуждения:

- ✓ Структурные: меняется строение мембран, пор, каналов;
- ✓ Физические: температура цитоплазмы; повышается вязкость; меняется электрический заряд мембран;
- ✓ Химические: распад АТФ и освобождение энергии;

✓ Специфические признаки возбуждения:

- ✓ для мышечной ткани: мышечное сокращение;
- ✓ для железистой ткани: выделение секрета;
- ✓ для нервной ткани: возникновение и проведение нервного импульса

Среди многочисленных проявлений жизнедеятельности клетки генерация электрических потенциалов занимает особое положение и является:

- а) надежным
- б) универсальным
- в) точным показателем течения любых физиологических функций.

Биопотенциалы.

- Биопотенциал – это показатель биоэлектрической активности, определяемой разностью потенциалов между двумя точками живой ткани.

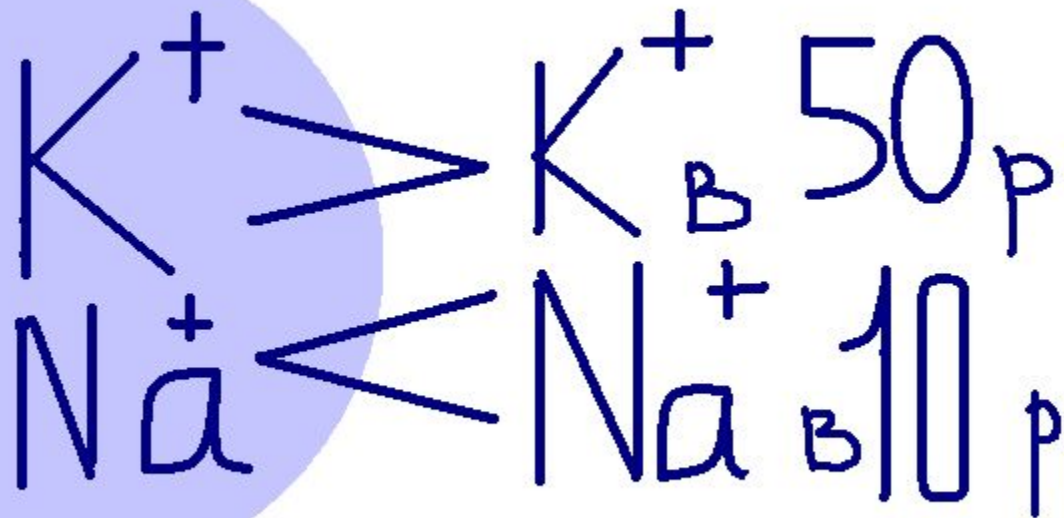
Величина мембранного потенциала отличается у клеток разных тканей:

- нервные клетки 60 – 80 мВ
- скелетная мышца – 80 – 90 мВ
- сердечная мышца 90 – 95 мВ

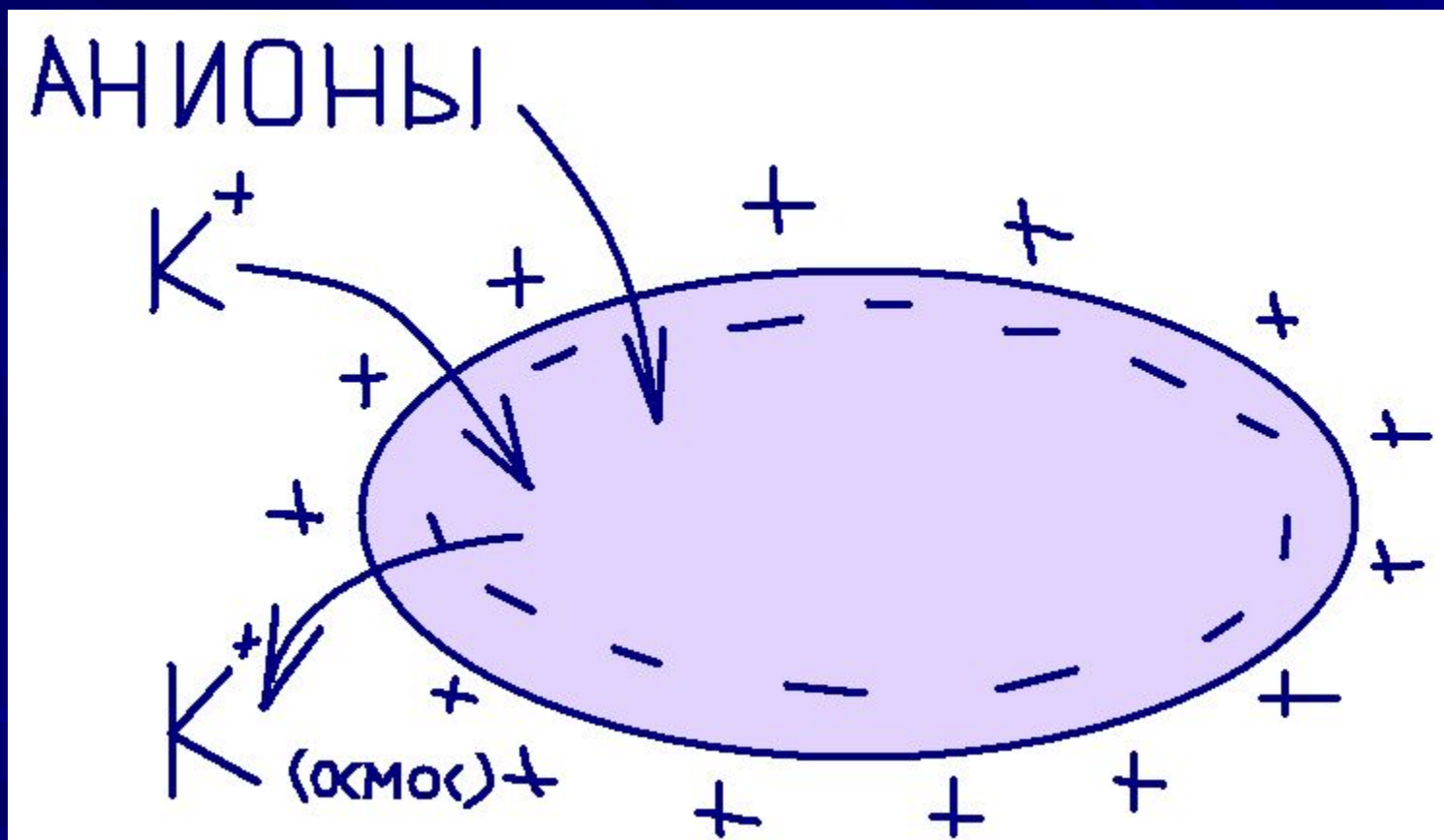
- **Потенциал действия** – это распространяющееся возбуждение, условием возникновения которого служит достижение мембранным потенциалом уровня критической деполяризации.
- **Мембранный потенциал покоя** – это разность потенциалов между наружной и внутренней средой клетки, которая обусловлена повышением проницаемости мембраны для ионов калия.

Происхождение мембранного потенциала покоя.

1. мембрана избирательно проницаема для различных ионов; в состоянии покоя мембрана проницаема для катионов и практически непроницаема для анионов. В покое проницаемость мембраны для ионов калия гораздо выше, чем для ионов натрия.
2. в мембране имеется биохимический механизм (натрий-калиевая АТФ-аза) обеспечивающий активный транспорт ионов калия внутрь клетки, а ионов натрия наружу.



В покое:



Потенциал действия.

- Показателем возбудимости является порог раздражения.
- **Порог раздражения** - это наименьшая величина раздражителя, которая способна впервые вызвать возбуждение.
 - Чем ниже порог, тем выше возбудимость и наоборот.
- **Раздражитель** – фактор окружающей или внутренней среды, изменяющий состояние возбудимых структур.

Раздражители могут быть:

- Адекватный – раздражитель, действующий на биологическую структуру, специально приспособленную для взаимодействия с ним.
- Неадекватный – раздражитель, действующий на биологическую структуру, специально не приспособленную для его восприятия.

- **Овершут** – перезарядка мембраны или перескок – основная причина распространения возбуждения.
 - **Следовые потенциалы:**
 - отрицательный следовый потенциал (следовая деполяризация);
 - положительный следовый потенциал (следовая гиперполяризация).

Амплитуда потенциала действия составляет для:

- для нервных клеток: 110 – 100 мВ
- для скелетных и сердечной мышц: 110 – 120 мВ.

• Продолжительность потенциалов действия:

- Нервные клетки 1 – 2 мс
- Скелетные мышцы 3 – 5 мс
- Мышцы сердца 50 – 600 мс.

- **Местное возбуждение (локальный ответ):** это все виды электрических ответов, при которых мембранный потенциал не достигает уровня критической деполяризации.

- отвечает на допороговые стимулы;
- медленная деполяризация;
- амплитуда 20 мВ;
- способность к суммации;
- на высоте возбуждения возбудимость повышена
- зависит от силы раздражителя или от квантов медиатора (градуальная деполяризация);
- практически не распространяется по нервному волокну, затухает;
- не подчиняется закону “все или ничего”
- нет специфической реакции.

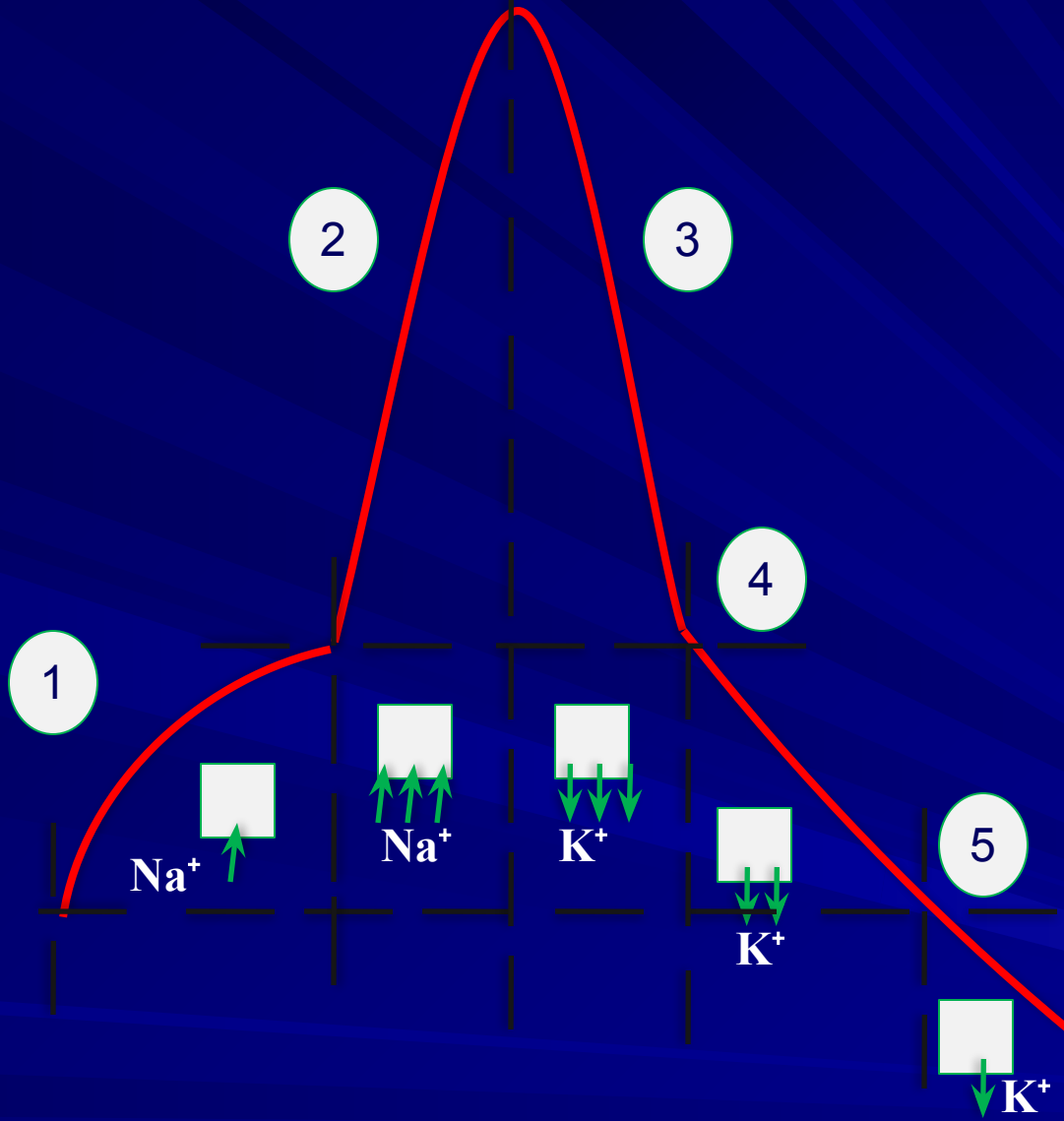
Распространяющееся возбуждение (потенциал действия):

- отвечает на пороговые и сверхпороговые стимулы;
- быстрая деполяризация;
- амплитуда 100 – 120 мВ;
- суммация невозможна;
- на высоте возбуждения возбудимость отсутствует;
- подчиняется закону “все или ничего”;
- распространяется по нервному волокну без затухания;
- вызывает специфическую реакцию.

Ионный механизм потенциала действия.

- **1 фаза начальной деполяризации** – повышение проницаемости мембраны для ионов натрия; ионы натрия входят в клетку.
- **2 фаза деполяризации** – максимальный вход в клетку ионов натрия.
- **3 фаза пик или овершут** – перезарядка мембраны, когда меняется заряд мембраны и ионная проницаемость.
- **4 фаза реполяризации** – максимальный выход из клетки ионов калия.
- **5 фаза следовой деполяризации** (отрицательный следовой потенциал) – снижение калиевого тока, однако ионы калия продолжают выходить из клетки.
- **6 фаза следовой гиперполяризации** (положительный следовой потенциал) – связан с длительным небольшим избытком калиевого тока и электрогенной деятельностью калий-натриевой АТФ-азы.

Пик



Законы раздражения возбудимых тканей.

Закон силы.

- Возникновение распространяющегося возбуждения (ПД) возможно при условии, когда действующий на клетку раздражитель имеет некоторую минимальную (пороговую) силу.
- **Порог раздражения** – наименьшая величина раздражителя, которая действуя на клетку какое-то определенное время, способна вызвать максимальное возбуждение;

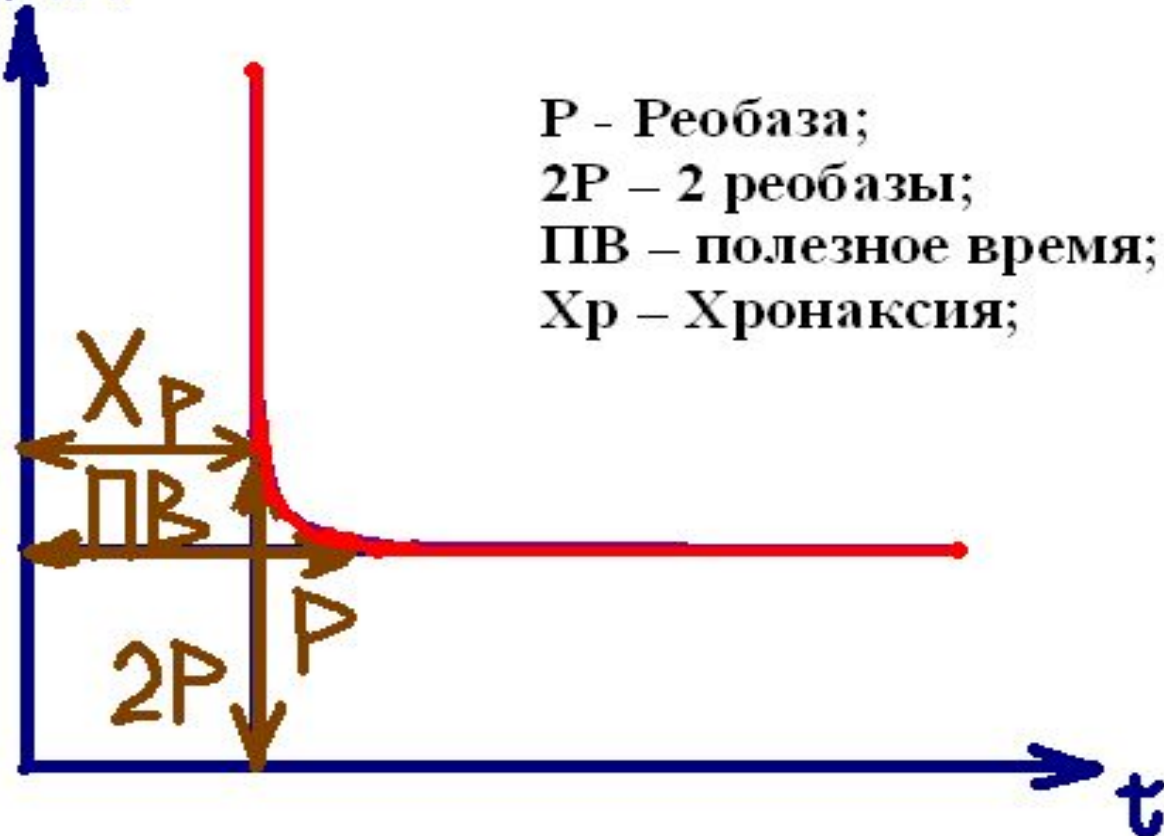
“силы – времени”.

- Пороговая сила любого стимула в определенных пределах находится в обратной зависимости от его длительности.
- $I = (a + b) / T$
- где I – сила тока, T – длительность его действия
 a, b – постоянные, определяемые свойствами ткани.

Следствия.

- *ток величиной ниже порога не вызывает возбуждения, как бы длительно он не действовал.*
- *какой бы сильный не был раздражитель, но если он действует очень короткое время, то возбуждение не возникает.*

СИЛА



P - Реобаза;

$2P$ - 2 реобазы;

$ПВ$ - полезное время;

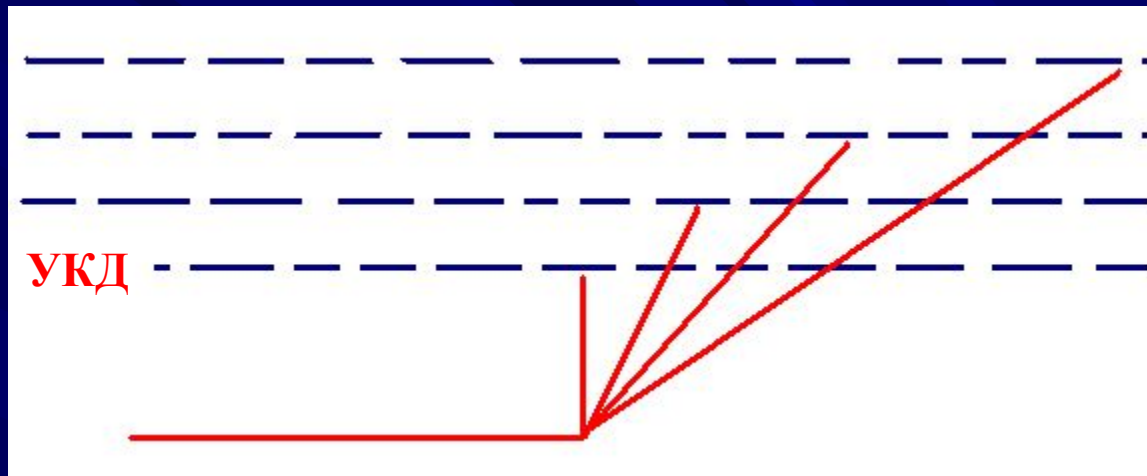
X_p - Хронаксия;

- **Порог (реобаза)** – это минимальная сила раздражителя, которая впервые вызывает ответную реакцию.
- **Полезное время** – это наименьшее время, в течение которого должен действовать стимул в одну реобазу, чтобы вызвать возбуждение. (Дальнейшее увеличение полезного времени не имеет значения для возникновения процесса возбуждения);
- **Хронаксия** – наименьшее время, в течение которого ток в две реобазы должен действовать на ткань, чтобы вызывать возбуждение;

Закон аккомодации.

- Для возникновения ПД необходима определенная скорость нарастания силы раздражителя, ниже которой возбуждение вообще не возникает.

Аккомодация – явление приспособления возбудимых структур к медленно нарастающим по силе раздражителям.



- Порог раздражения имеет наименьшую величину при толчках электрического тока прямоугольной формы, когда сила нарастает очень быстро.
- При уменьшении крутизны нарастания стимула ускоряются процессы инактивации натриевой проницаемости, приводящие к повышению порога и снижению амплитуды потенциалов действия.

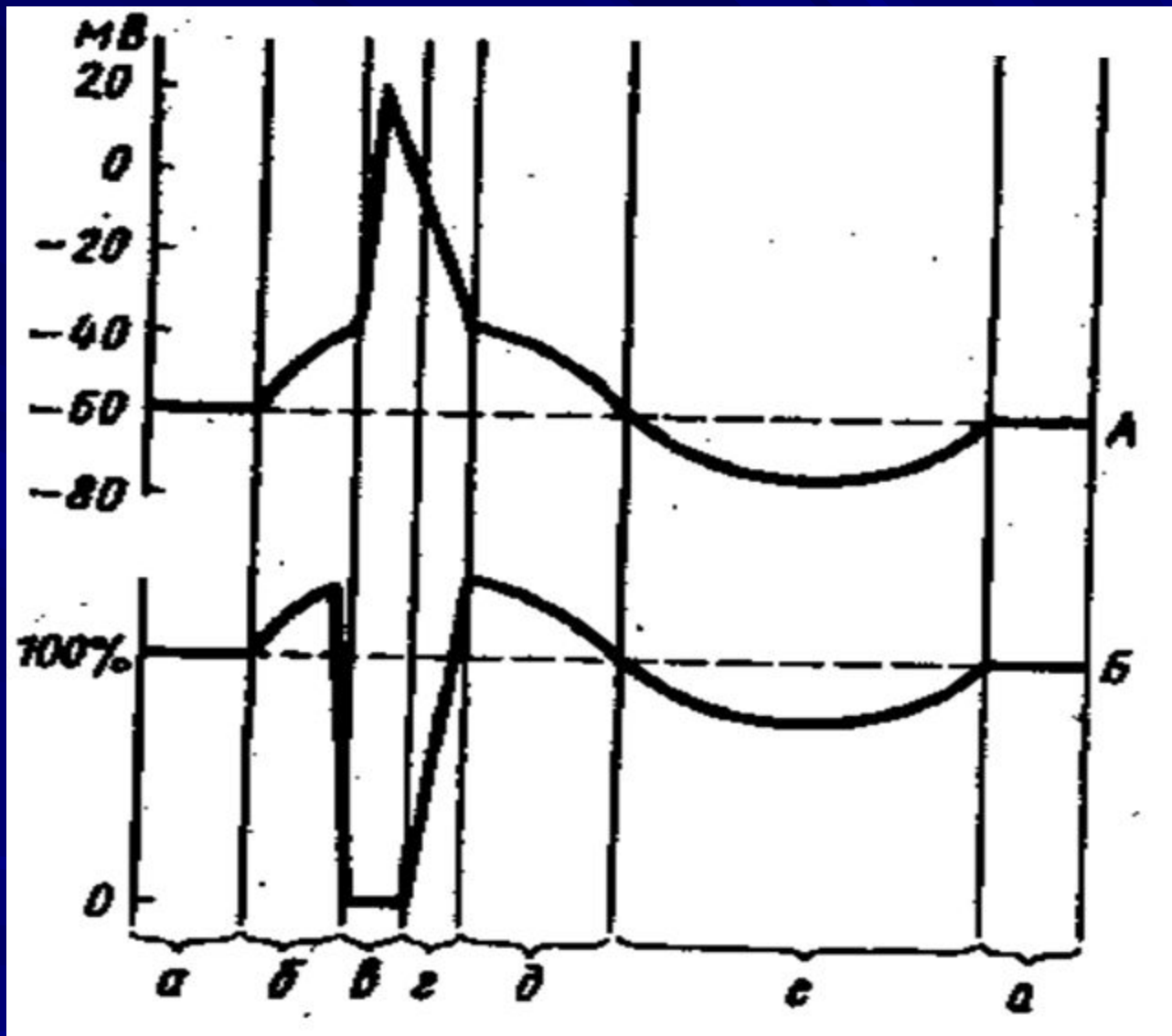
Закон «все или ничего».

- «Всё» - в ответ на пороговый и сверхпороговый ответ тах, т.е. развивается ПД;
- «Ничего» - на допороговый стимул ПД не развивается;

Изменение возбудимости при возбуждении.

1. Период повышенной возбудимости соответствует локальному ответу, когда мембранный потенциал достигает УКД, возбудимость повышена.
2. Период абсолютной рефрактерности соответствует фазе деполяризации потенциала действия, пику и началу фазы реполяризации, возбудимость снижена вплоть до полного отсутствия во время пика.

3. Период относительной рефрактерности соответствует оставшейся части фазы реполяризации, возбудимость постепенно восстанавливается к исходному уровню.
4. Супернормальный период соответствует фазе следовой деполяризации потенциала действия (отрицательный следовой потенциал), возбудимость повышена.
5. Субнормальный период соответствует фазе следовой гиперполяризации потенциала действия (положительный следовой потенциал), возбудимость снижена.



Закон: Лабильности

Лабильность – скорость протекания физиологических процессов в возбудимой ткани.

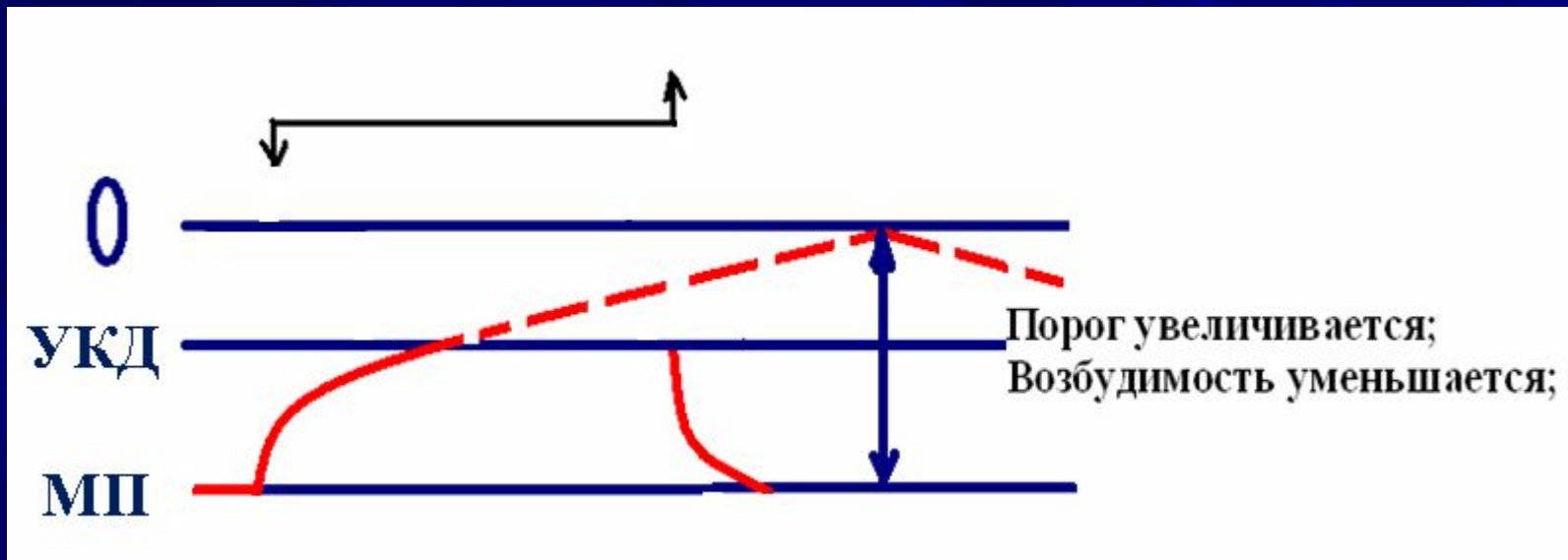
Мерой лабильности могут служить:

- длительность отдельного потенциала
- величина абсолютной рефрактерной фазы
- скорость восходящей и нисходящей фаз ПД.

Полярный закон раздражения

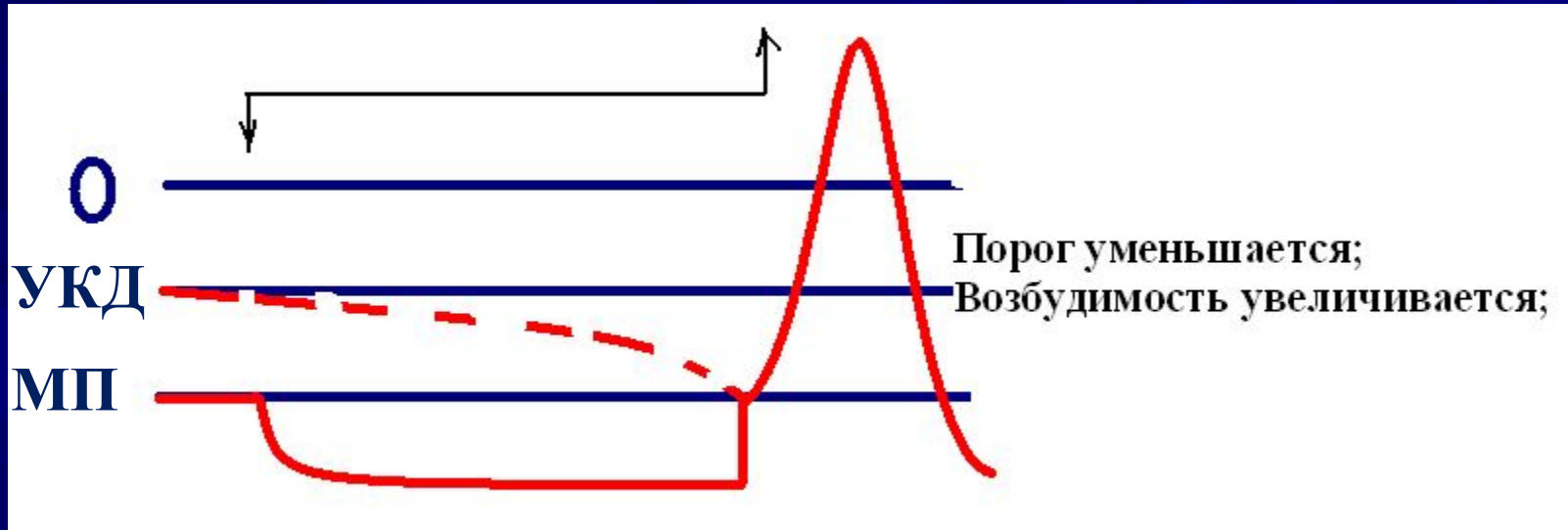
Возбуждение возникает при замыкании постоянного тока под катодом и при размыкании под анодом.

Изменение возбудимости под катодом.



При замыкании цепи постоянного тока под катодом на мембране возникает стойкая длительная деполяризация, а УКД постоянно стремится к 0.

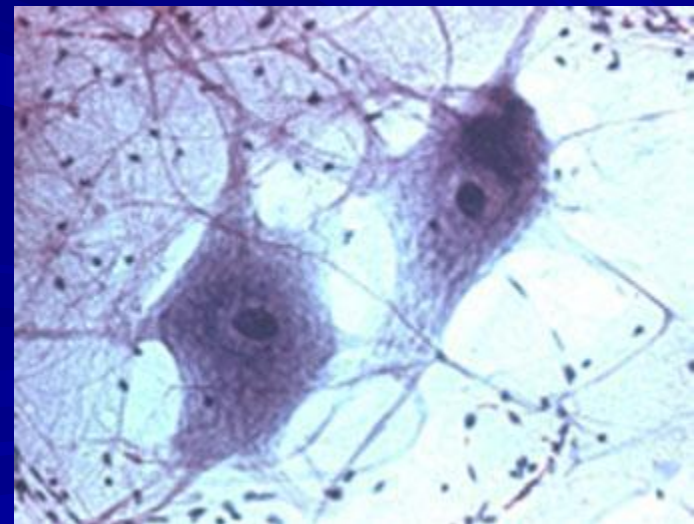
Изменение возбудимости под анодом.



При замыкании цепи постоянного тока под анодом на мембране развивается гиперполяризация, а УКД смещается в сторону МП.



Законы проведения возбуждения в нервах.



Закон анатомической, физиологической непрерывности волокна.

Непрерывный тип проведения потенциала действия происходит в немиелиновых волокнах типа С: начинается с электротонического проведения ПД в соседний участок, где происходит деполяризация мембраны до УКД и возникает новый ПД.

Закон двустороннего проведения возбуждения

В целом организме по рефлекторной дуге возбуждение всегда распространяется в одном направлении: от рецептора к эффектору.

Причины:

- возбуждение всегда возникает при раздражении специфических рецепторов;
- рефрактерность во время возбуждения обуславливает поступательное движение;
- в рефлекторной дуге возбуждение с одной нервной клетки на другую передается в синапсах с помощью медиатора, который может выделяться только в одном направлении.

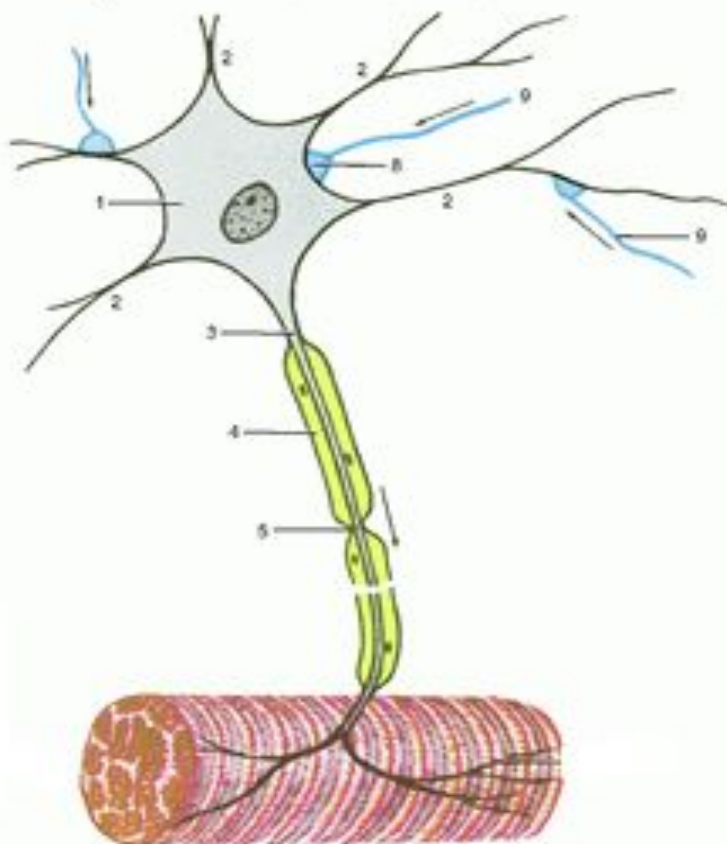
Закон изолированного проведения возбуждения в нервных стволах.

Передача возбуждения на большие расстояния невозможна из-за значительной потери тока во внеклеточной среде.

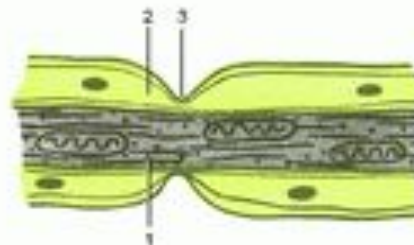
**Физиология нейронов,
глиальных клеток,
рецепторов и синапсов.**

Нервная ткань

Нервная клетка, аксон, мышца



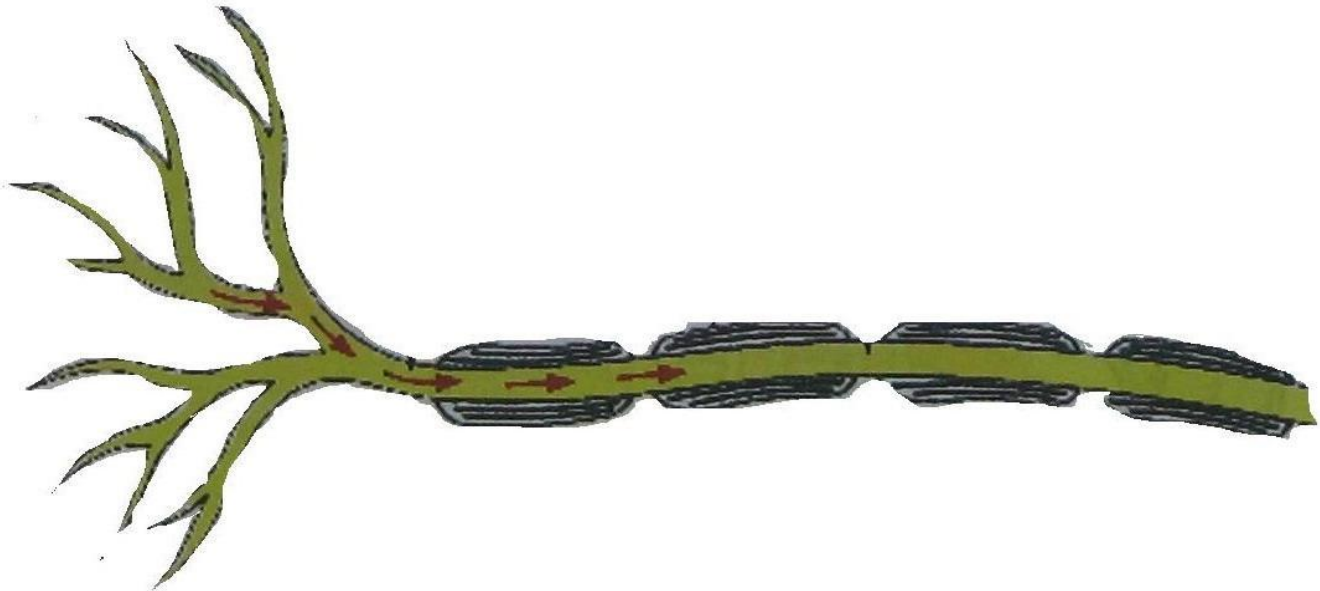
Строение нервного волокна



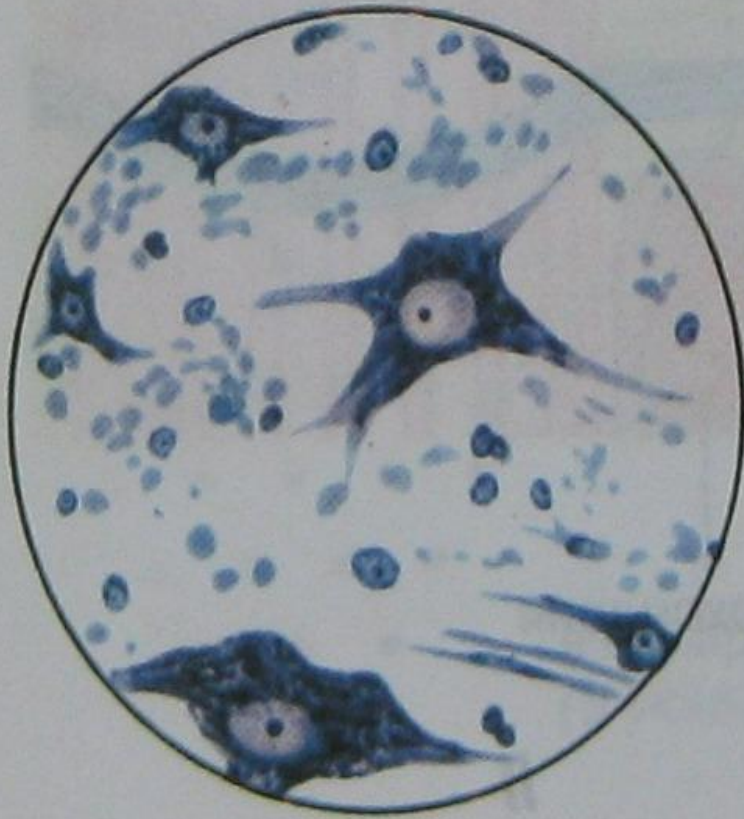
Классическая рефлекторная дуга состоит из 4 частей:

- рецептора;
- афферентного пути (афферентного нейрона, который располагается в спинальном ганглии);
- нервного центра, где возбуждение с афферентного нейрона переходит на вставочную нервную клетку.
- эффекторный орган (эффектор), в роли которого может выступать мышца.

Многие нервные волокна покрыты глиальными клетками (миелиновая оболочка). Между этими Шванновскими клетками есть промежутки – **перехваты Ранвье**. Возбуждение с одного нейрона на другой и с мотонейрона на мышцу передается в синапсах с помощью медиатора.



- **Нервная клетка** – структурная и функциональная единица ЦНС, которая окружена клетками нейроглии.
- **Нейроглия** – совокупность всех клеточных элементов нервной ткани кроме нейронов.



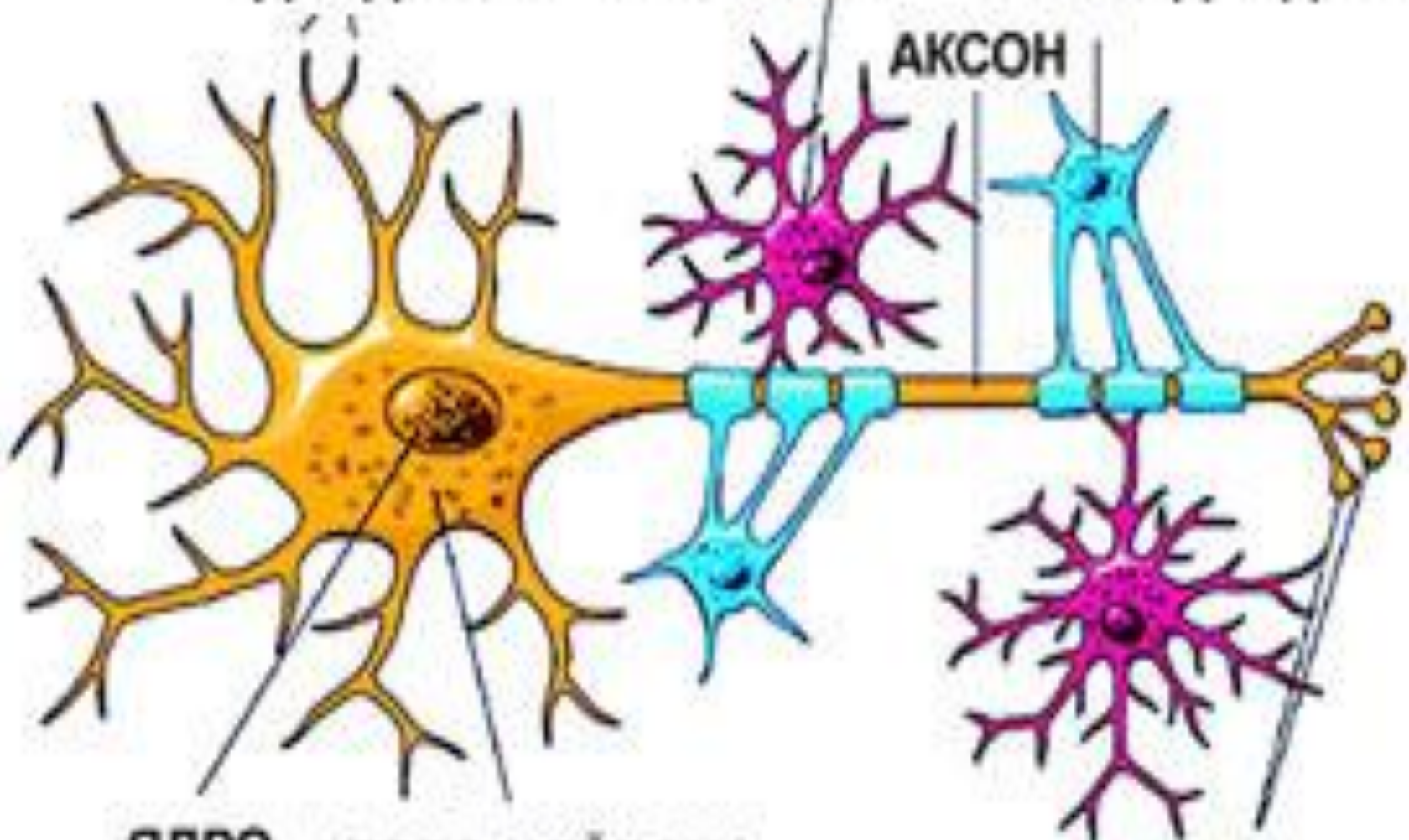
Классификация глиальных клеток:

Макроглия:

- - астроциты;
- - олигодендроциты;
- - эпендимоциты.

Микроглия: глиальные макрофаги.

ДЕНДРИТЫ АСТРОЦИТ ОЛИГОДЕНДРОЦИТ



ЯДРО ТЕЛО НЕЙРОНА

ОКОНЧАНИЯ АКСОНА

Астроциты:

- - находятся в сером и белом веществе спинного и головного мозга;
- - содержатся в наибольшем количестве и составляют 45 – 60% серого вещества мозга;
- - покрывают 85% поверхности капилляров мозга;
- - выполняют трофическую функцию;
- - обеспечение транспорта веществ из кровеносных капилляров к нервным клеткам;
- - имеют многочисленные отростки;
- - окружают нервные клетки;
- - контактируют с нейронами и между собой;
- - участвуют в формировании ГЭБ;
- - участвуют в активности нейронов и синапсов;
- - обеспечивают восстановление нервов после повреждения.

Олигодендроциты:

- - находятся в сером и белом веществе спинного и головного мозга, в составе периферических нервов;
- - образуют миелин;
- - образуют вокруг нервного волокна миелиновую оболочку, которая является биологическим изолятором – препятствует распространению возбуждения на соседние нейроны;
- - поддерживают целостность нервного волокна;
- - окружают нервные клетки и их отростки;
- - участвуют в поляризации нервных клеток;
- - участвуют в метаболизме нервных клеток.

Эпендимоциты:

- - выстилает все внутренние полости спинного и головного мозга;
- - выстилают стенки спинномозгового канала и всех желудочков головного мозга;
- - являются границей между спинномозговой жидкостью и тканью мозга;
- - регулируют секрецию и состав спинномозговой жидкости.

Функции клеток микроглии (глиальные макрофаги):

- - составляет белое вещество головного и спинного мозга преимущественно около кровеносных сосудов;
- - представляют собой мелкие клетки, рассеянные в центральной нервной системе;
- - при травме способны мигрировать к очагу поражения, где превращаются в макрофаги
- - выполняет защитную функцию аналогично макрофагам;
- - способны поглощать продукты распада путем фагоцитоза;
- - предотвращает попадание в нервную систему чужеродных веществ;

Функции нейроглии:

Опорная – вместе с сосудами и мозговыми оболочками образуют строму ткани мозга.

Трофическая – обеспечивают метаболизм нервных клеток (связь с кровеносными сосудами). В глиоцитах сосредоточен весь гликоген ЦНС.

Участие в интегративной деятельности мозга:

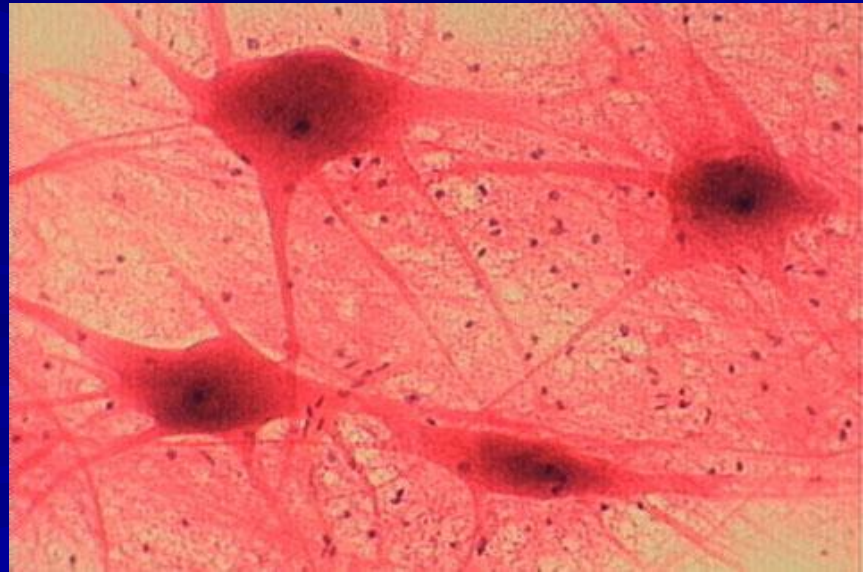
- формирование следов воздействия (память), а значит и условного рефлекса;
- без глиоцитов (блокада антиглиальным гамма-глобулином) меняется электрическая активность нейронов.

Особенности глиальных клеток.

- Более чувствительны к ионным изменениям среды
- Высокая активность калий – натриевой АТФ-азы
- Высокая проницаемость для ионов калия
- Мембранный потенциал равен 90 мВ; у нейронов 60 – 80 мВ
- На раздражение отвечает только медленной деполяризацией не более 10 мВ
- Потенциал действия в глиальных клетках не генерируется.

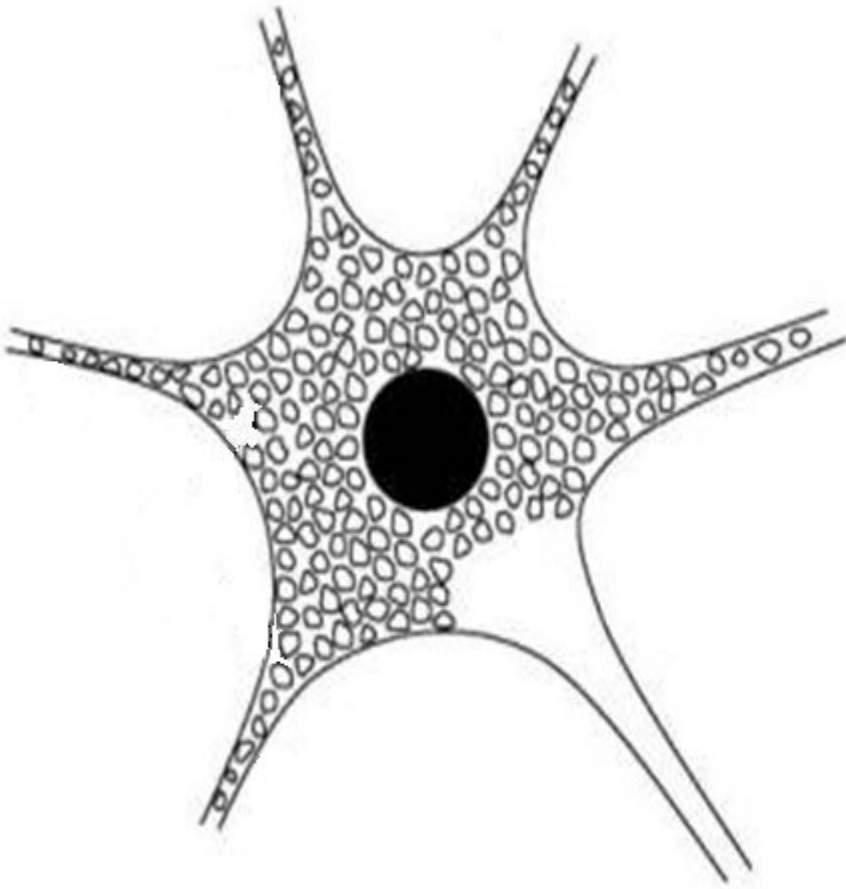


Классификации нейронов:

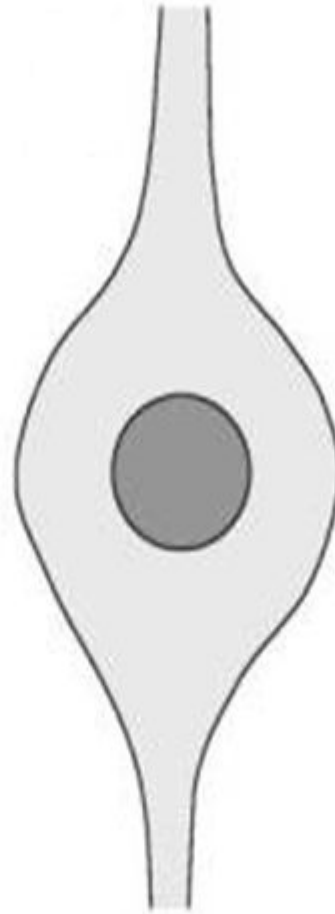


По характеру отростков:

- псевдоуниполярные: нейроны спинальных ганглиев;
- биполярные: обонятельные нейроны-рецепторы; биполярные нейроны сетчатки; нейроны спирального ганглия;
- мультиполярные: мотонейроны.



**Мультиполярный
нейрон**



**Биполярный
нейрон**



**Псевдоуниполярный
нейрон**

По механизму передачи потенциалов:

- импульсные – генерируют ПД;
- неимпульсные – передают влияние с помощью локальных потенциалов: рецепторного, постсинаптического.

По виду медиатора:

- холинэргические;
- адренэргические;
- дофаминэргические;
- серотониэргические.

По модальности (характер воспринимаемого и передаваемого сигнала):

- механорецепторы;
- хеморецепторы;
- вкусовые;
- обонятельные;
- терморецепторы

По звеньям рефлекторного пути (функциональная):

- Афферентные (сенсорные, чувствительные, рецепторные);
- Вставочные (ассоциативные, интернейроны):
 - возбуждающие;
 - тормозные;
- Эфферентные (двигательные, моторные).

Афферентные нейроны.

- Тело в спинальном ганглии, имеет один отросток, который затем делится. Один отросток - рецепторы. Другой отросток идет в ЦНС.

Генерация потенциала действия в афферентных волокнах отмечается в первом от рецептора перехвате Ранвье.

- Тело афферентной клетки в возбуждении участия не принимает, выполняет трофическую функцию. Терминальная часть афферентного волокна разветвляется, обеспечивая передачу возбуждения от одного рецептора к нескольким вставочным нейронам.

Вставочные нейроны.

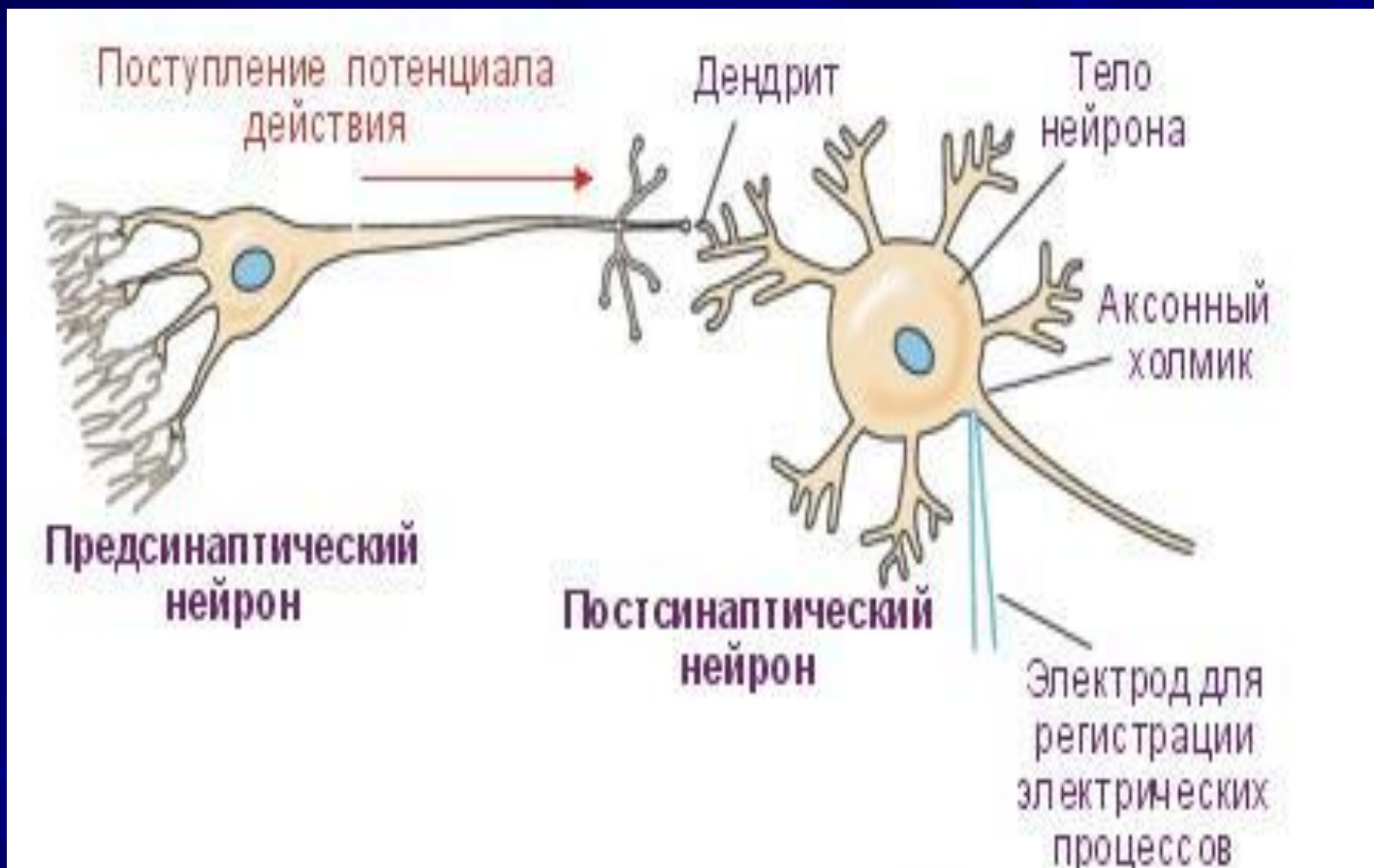
- Составляет 90% всех нейронов. Отростки не покидают пределов ЦНС, но обеспечивают многочисленные связи по горизонтали и вертикали. Потенциал действия возникает в области **аксонного холмика.**

Двигательные нейроны.

Мотонейроны – аксоны выходят за пределы ЦНС и заканчиваются синапсом на эффекторах.

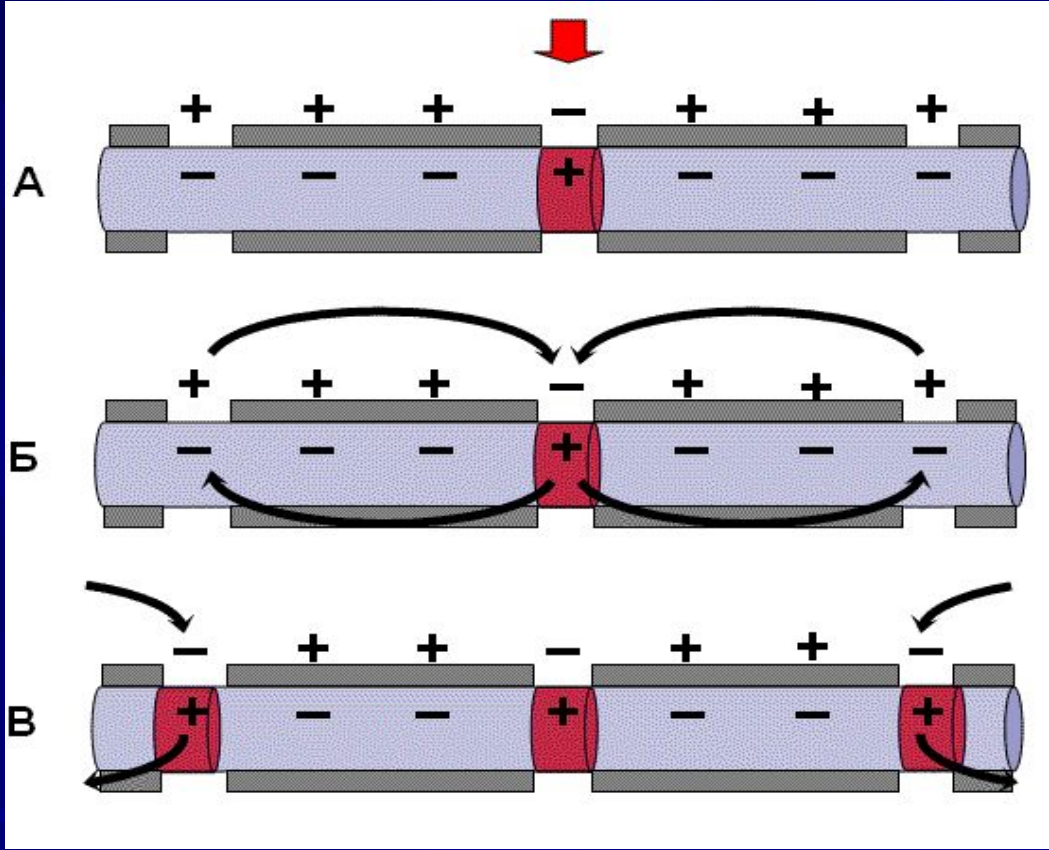
Аксонный холмик - является наиболее возбудимым участком, место перехода тела нейрона в аксон, где происходит генерация ПД и в дальнейшем распространение по аксону. Играет пусковую роль. ПД из холмика по аксону в тело нейрона. Где имеется большое количество синапсов.

- Если синапс образован аксоном возбуждающего интернейрона, то при действии медиатора на постсинаптической мембране возникает **ВПСП**. Если аксоном тормозной клетки - **ТПСП**.



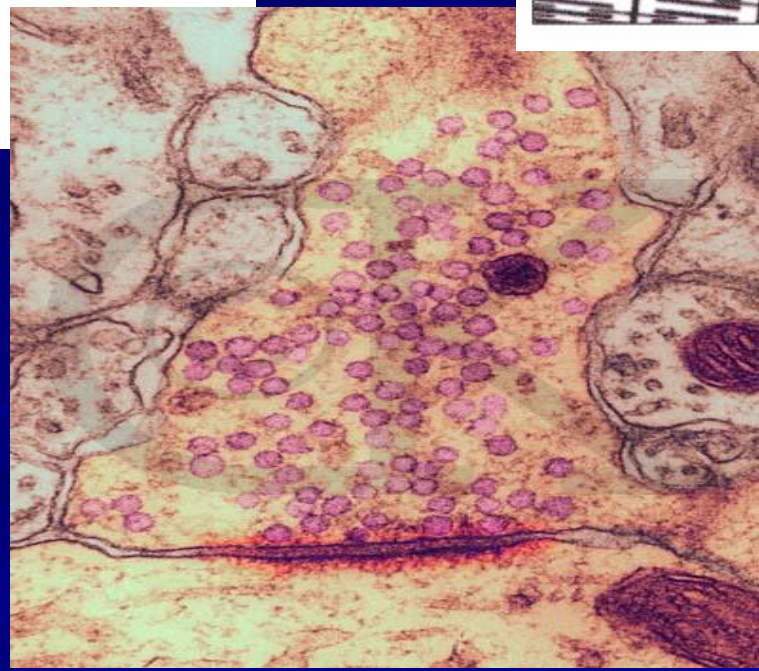
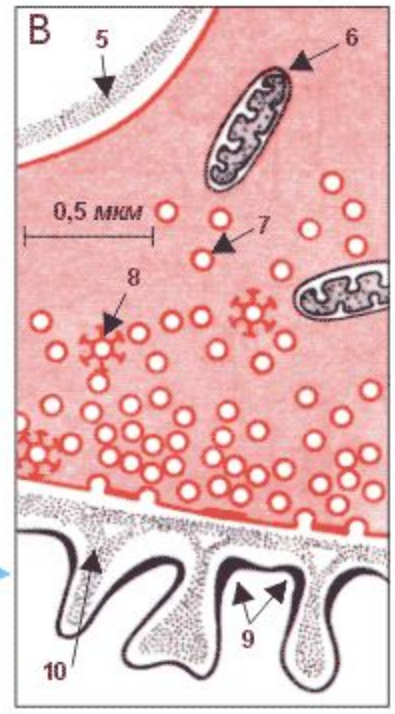
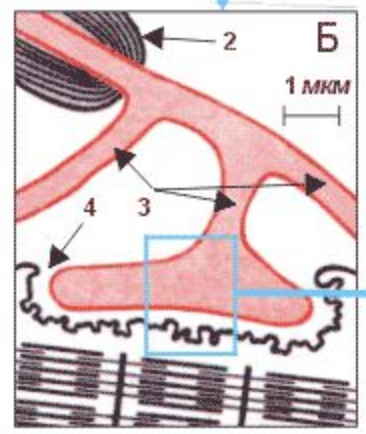
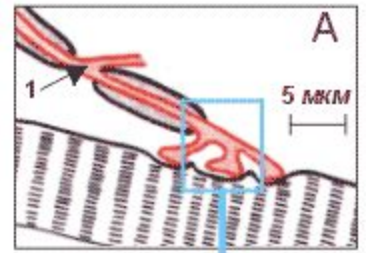
Проведение возбуждения.

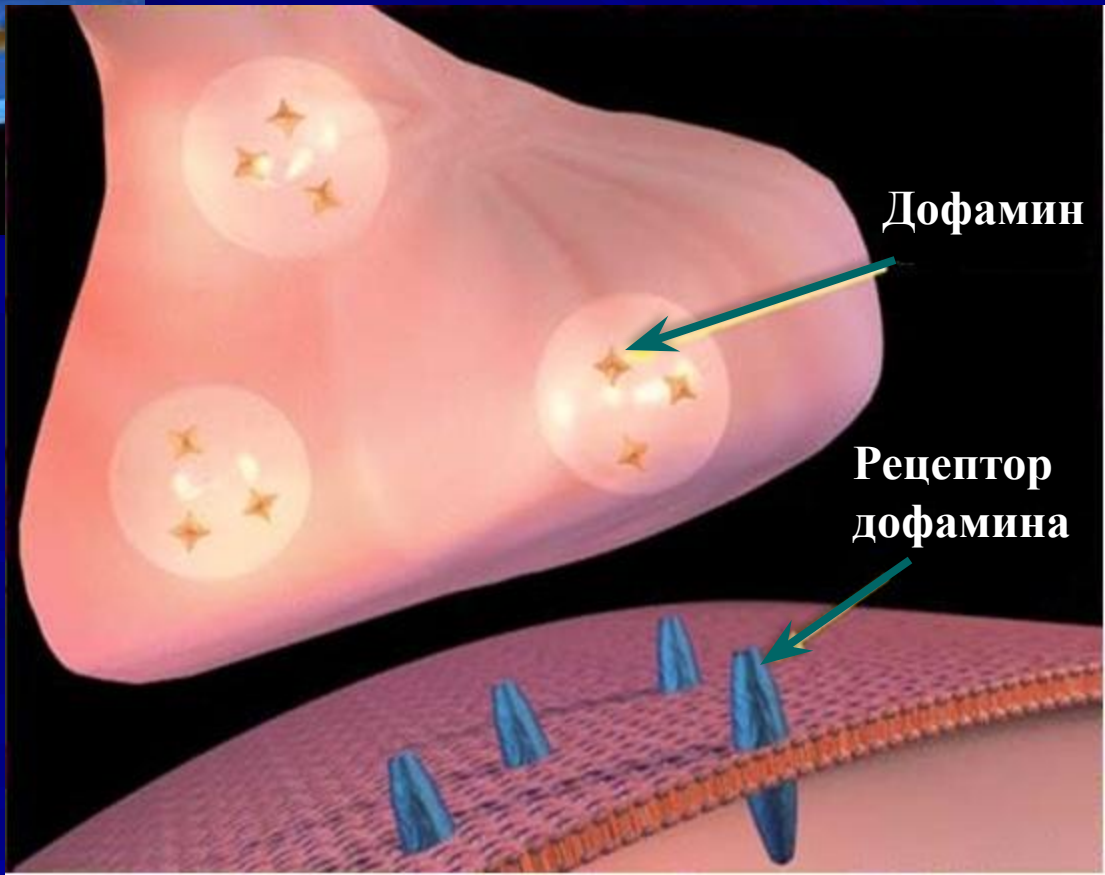
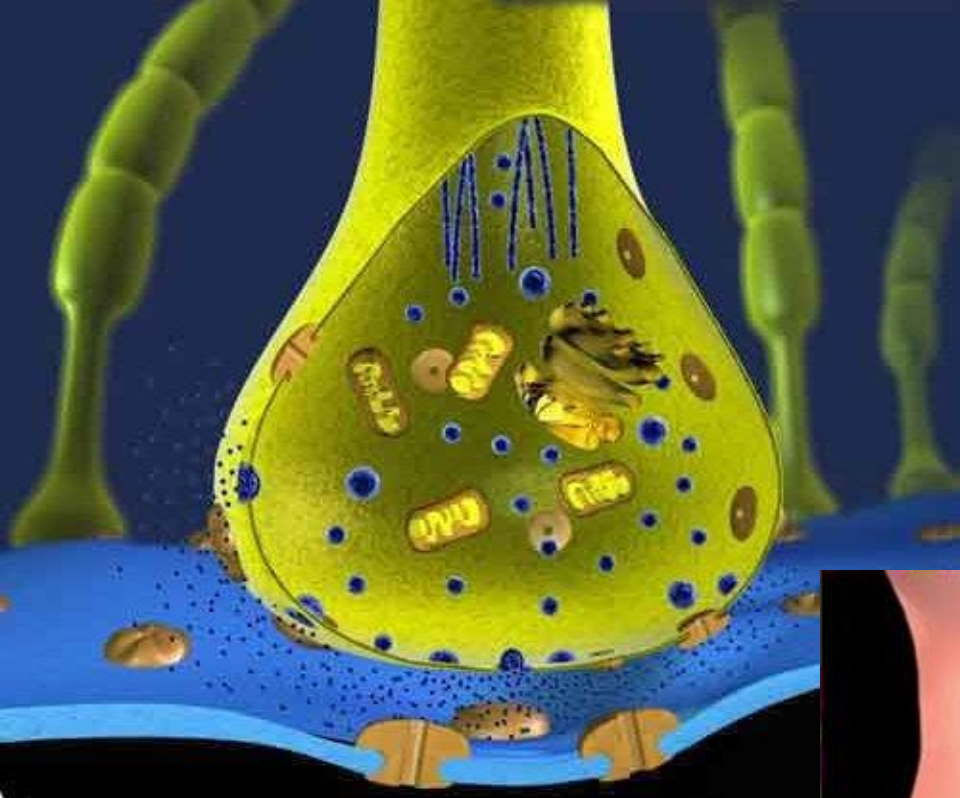
- ПД распространяется за счет местных токов ионов, возникающих между возбужденным и невозбужденным участками мембраны. Так как ПД генерируется без затрат энергии, то **нерв обладает самой низкой утомляемостью.**



Физиология синапсов.

Синапс





Синапс – специализированная структура, обеспечивающая передачу нервного импульса с аксона на другую клетку.

Классификации синапсов:

ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ:

Центральные

- аксосоматические
- аксодендритические
- аксоаксональные.

Периферические:

- мионейрональные (нервно-мышечные)
- нейросекреторные
- синапсы вегетативных ганглиев.

ПО МЕХАНИЗМУ ПРОВЕДЕНИЯ:

- **Химические** – проведение возбуждения осуществляется с помощью медиатора, химического посредника.
- **Электрические** – сигнал проводится с помощью нексуса, электрическим путем без потерь.

ПО ВИДУ МЕДИАТОРА:

- Адренэргические
- Холинэргические
- Гистаминэргические
- Серотонинэргические
- ГАМК – эргические

ПО ЭФФЕКТУ МЕДИАТОРА:

- возбуждающие
- тормозные

Строение синапса.

1. Пресинаптическое нервное окончание.

- Характерно наличие большого количества субмикроскопических структур округлой формы - везикулами, содержат медиатор;

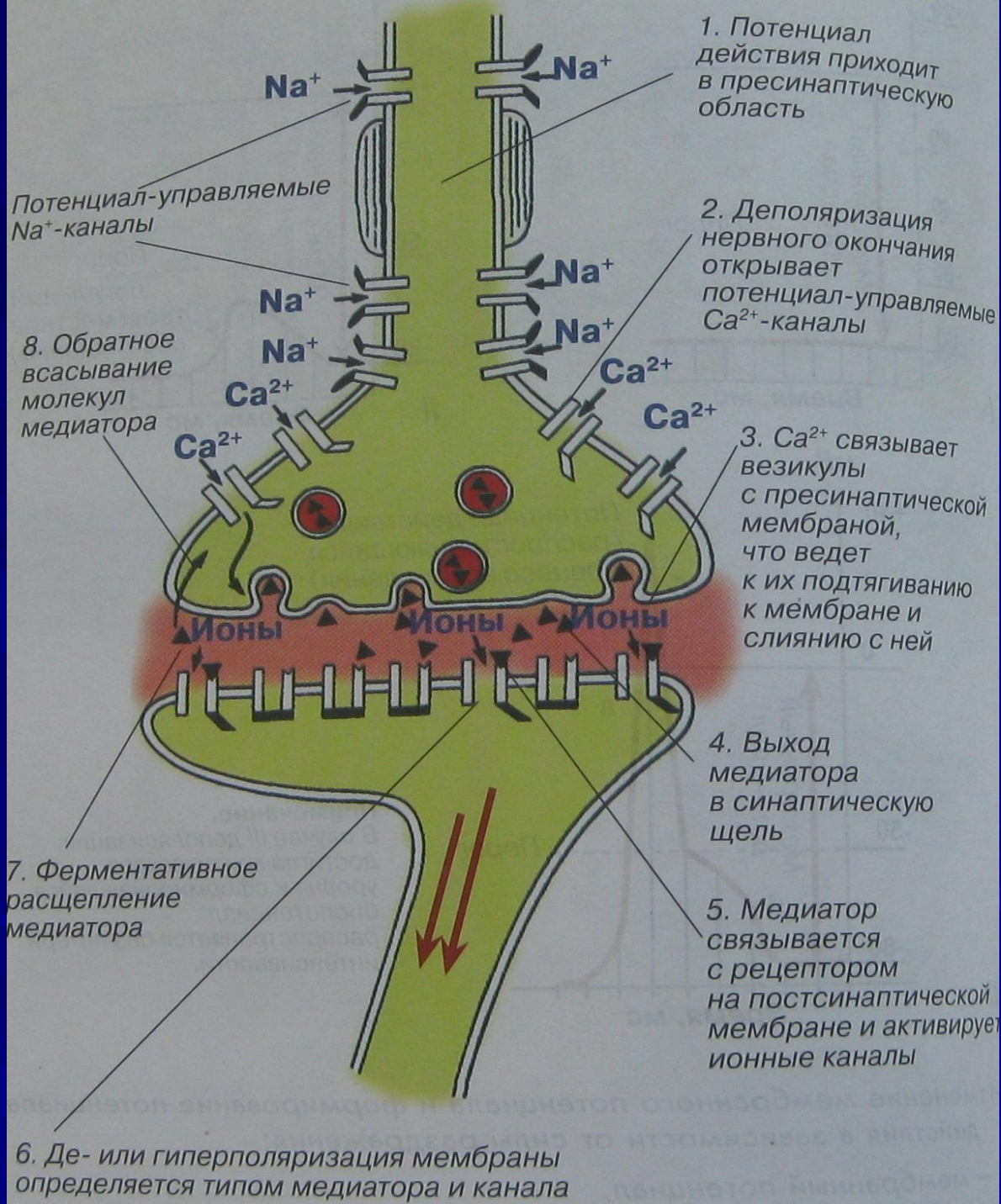
2. Синаптическая щель - это непосредственное продолжение межклеточного пространства.

- Ширина 10 – 50 нм;

3. Постсинаптическая мембрана:

- Наличие специфических хеморецепторов;
- Малое количество ионоселективных каналов для ионов натрия, а потому низкая чувствительность к электрическому току;
- Следовательно, невозможность генерировать ПД;
- Возникает только локальное возбуждение – ВПСП или ТПСР;
- Имеются ферменты, разрушающие медиатор,

В состоянии покоя некоторые везикулы с медиатором подходят к пресинаптической мембране и медиатор попадает в синаптическую щель, диффундирует, вступает во взаимодействие с рецепторами постсинаптической мембраны и обуславливает постсинаптический потенциал.

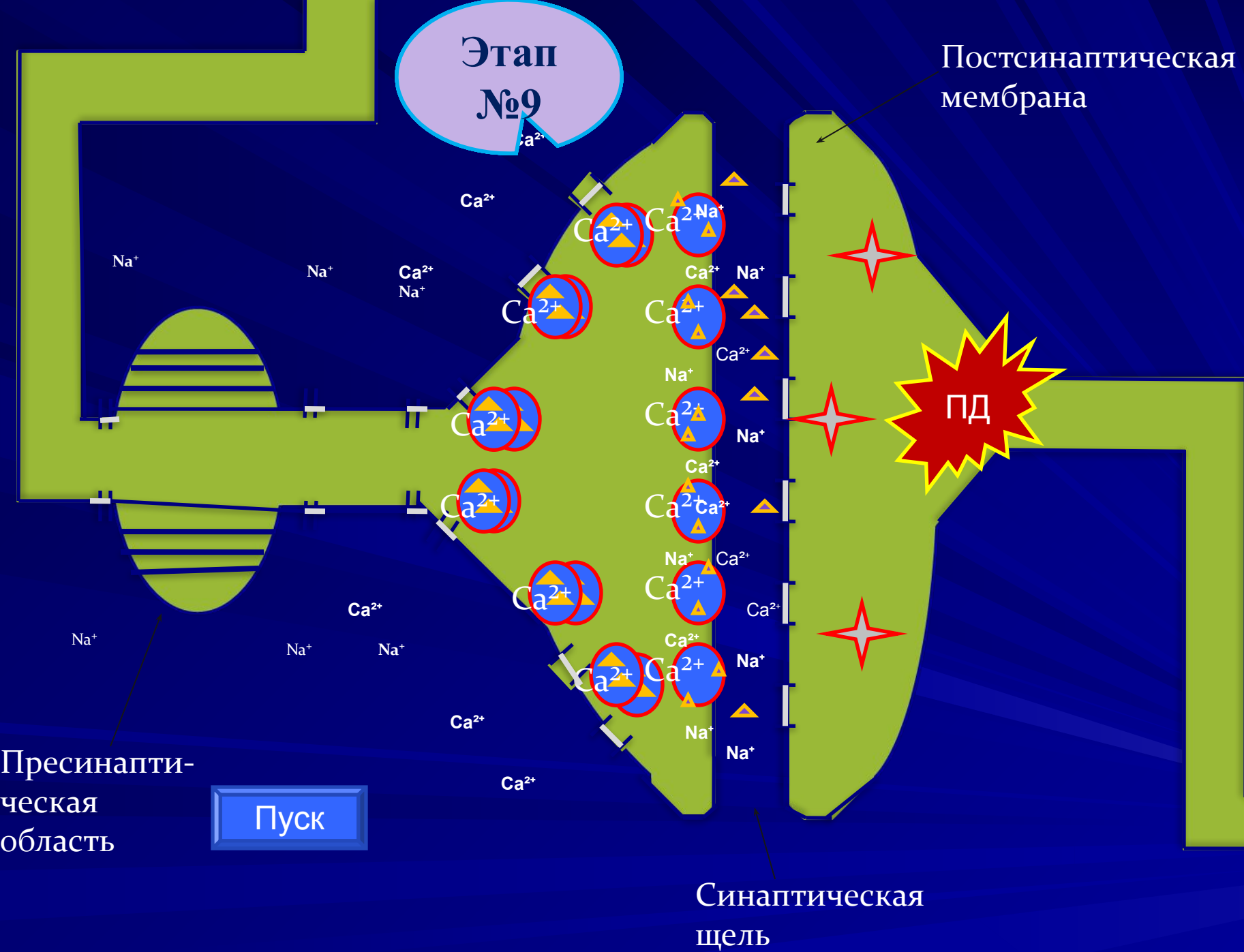


Основные этапы синаптической передачи.

1. Поступление ПД к пресинаптической мембране, ее деполяризация и генерация на ней потенциала действия.
2. Проникновение внутрь пресинаптической мембраны ионов кальция, необходимое для транспорта везикул с медиатором.
3. Взаимодействие везикул с активными участками пресинаптической мембраны.
4. Экзоцитоз и выделение квантов медиатора в синаптическую щель.
5. Диффузия медиатора к постсинаптической мембране.
6. Взаимодействие медиатора с клеточными рецепторами субсинаптической мембраны.
7. Изменение неспецифической проницаемости для ионов.
8. Образование постсинаптических потенциалов.
9. Возникновение на постсинаптической мембране потенциала действия.

Этап
№9

Постсинаптическая
мембрана



Пресинаптическая
область

Пуск

Синаптическая
щель

ПД

Возбуждающий или тормозной характер действия медиатора определяется свойствами постсинаптической мембраны.

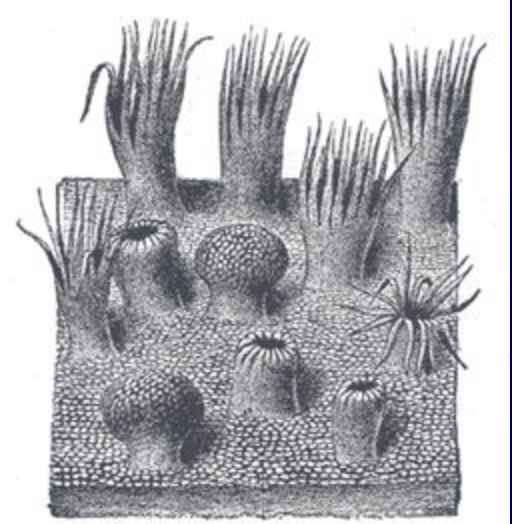
Медиатором в ЦНС могут быть:

- серотонин (0,5% всех синапсов);
- гистамин;
- АТФ;
- Глицин;
- ГАМК (25-40% синапсов).

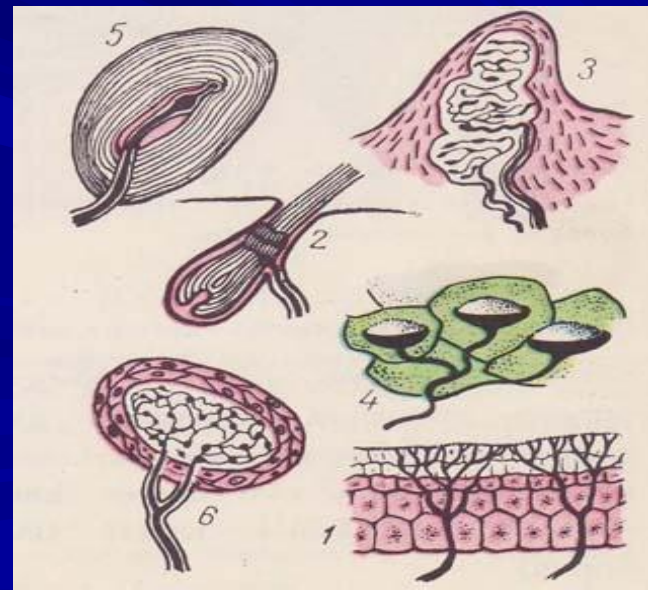
Глицин, ГАМК в тормозных синапсах ЦНС.

Свойства синапсов:

1. Одностороннее проведение возбуждения;
2. Сохраняют информационную значимость сигналов;
3. Количество медиатора пропорционально частоте приходящей нервной импульсации;
4. Не подчиняется закону «все или ничего»;
5. Суммация возбуждения на постсинаптической мембране;
6. Отсутствие рефрактерности;
7. Трансформация ритма;
8. Меньше скорость проведения возбуждения, чем по нерву;
9. Синаптическая задержка (спинной мозг – 0, 5 мс);
10. Низкая лабильность;
11. Высокая чувствительность к химическим веществам, недостатку кислорода.
12. Высокая утомляемость.



Общая физиология рецепторов.



Рецептор – специализированные образования для восприятия адекватных для организма стимулов, обеспечивают перевод энергии определенного раздражителя в процессе нервного возбуждения.

Классификации рецепторов:

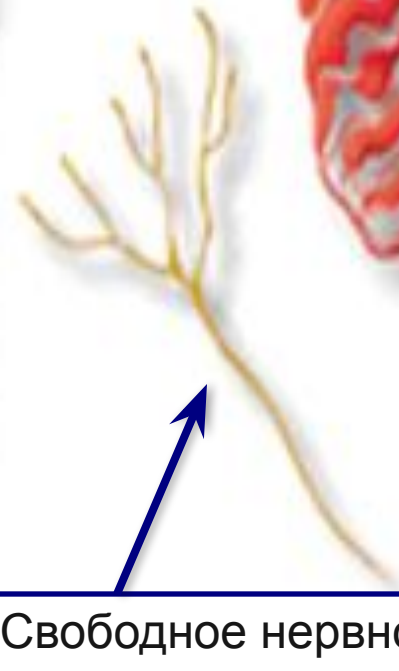
По модальности адекватных раздражителей (по физической природе раздражителя):

- фоторецепторы – реагируют на свет;
- хеморецепторы – на химические вещества;
- механорецепторы – на механическую энергию;
- терморецепторы – на изменение температуры;
- осморецепторы – на изменение осмотического давления;
- фонорецепторы – на звук;
- прессорецепторы – на растяжение и давление.

Зрительные рецепторы

Обонятельный рецептор

Тактильный рецептор



Слуховой рецептор

Вкусовой рецептор

Свободное нервное окончание

По отношению к внешней среде:

- **Экстерорецепторы** – воспринимают информацию из внешней среды: зрение, слух, обоняние, осязание.
- **Интерорецепторы** – воспринимают информацию от внутренних органов: органы пищеварения, сердечно-сосудистой системы, проприорецепторы мышц и суставов.
- **Вестибулорецепторы** занимают промежуточное положение, так как они находятся внутри организма, а возбуждаются внешними факторами.

Гистофизиологическая классификация (структурно-функциональные особенности):

- **первичночувствующие:** обоняние, тактильные, проприорецепторы.
 - Восприятие стимула осуществляется непосредственно окончанием сенсорного (афферентного) нейрона.
- **вторичночувствующие:** вкус, слух, вестибулорецепторы.
 - Между действующим стимулом и сенсорным (афферентным) нейроном располагается специализированная клетка (эпителиального происхождения), из которой при раздражении выделяется медиатор, действующий на окончание афферентного нейрона.

По взаиморасположению
раздражителя и рецептора:

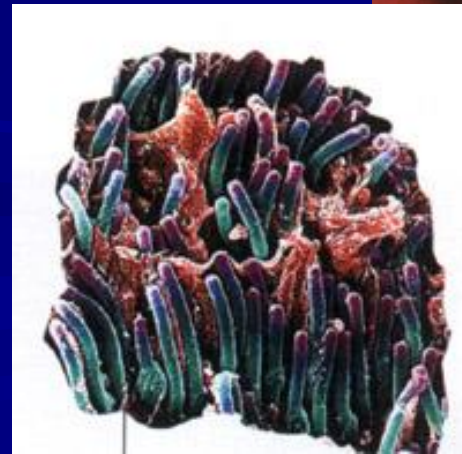
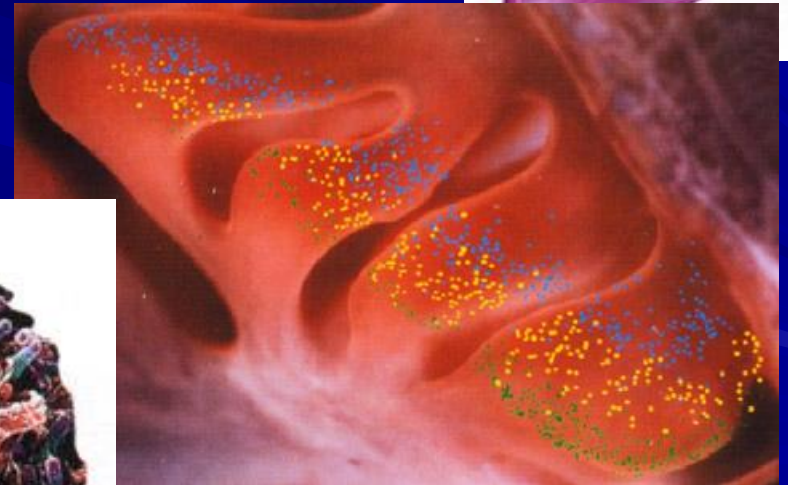
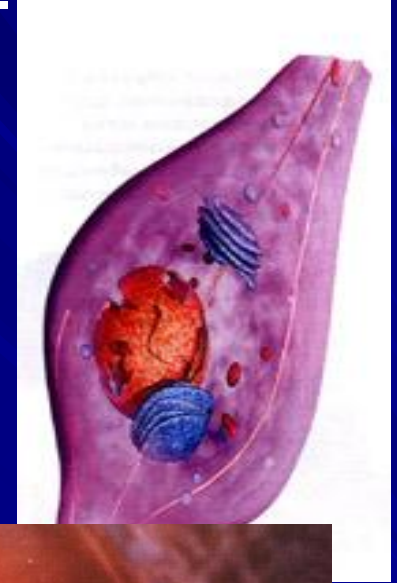
- ***дистантные:*** воспринимают энергию на расстоянии (зрение, слух, обоняние)
- ***контактные:*** непосредственный контакт с раздражителем (вкус).

По степени специфичности:

- ***мономодальные (моносенсорные)*** – воспринимают один вид энергии (зрение, слух);
- ***полимодальные (полисенсорные)*** – воспринимают несколько видов энергии. Например, рецепторы роговицы глаза реагируют на изменение температуры и прикосновение;
- ***ноцицепторы (болевые) рецепторы;***

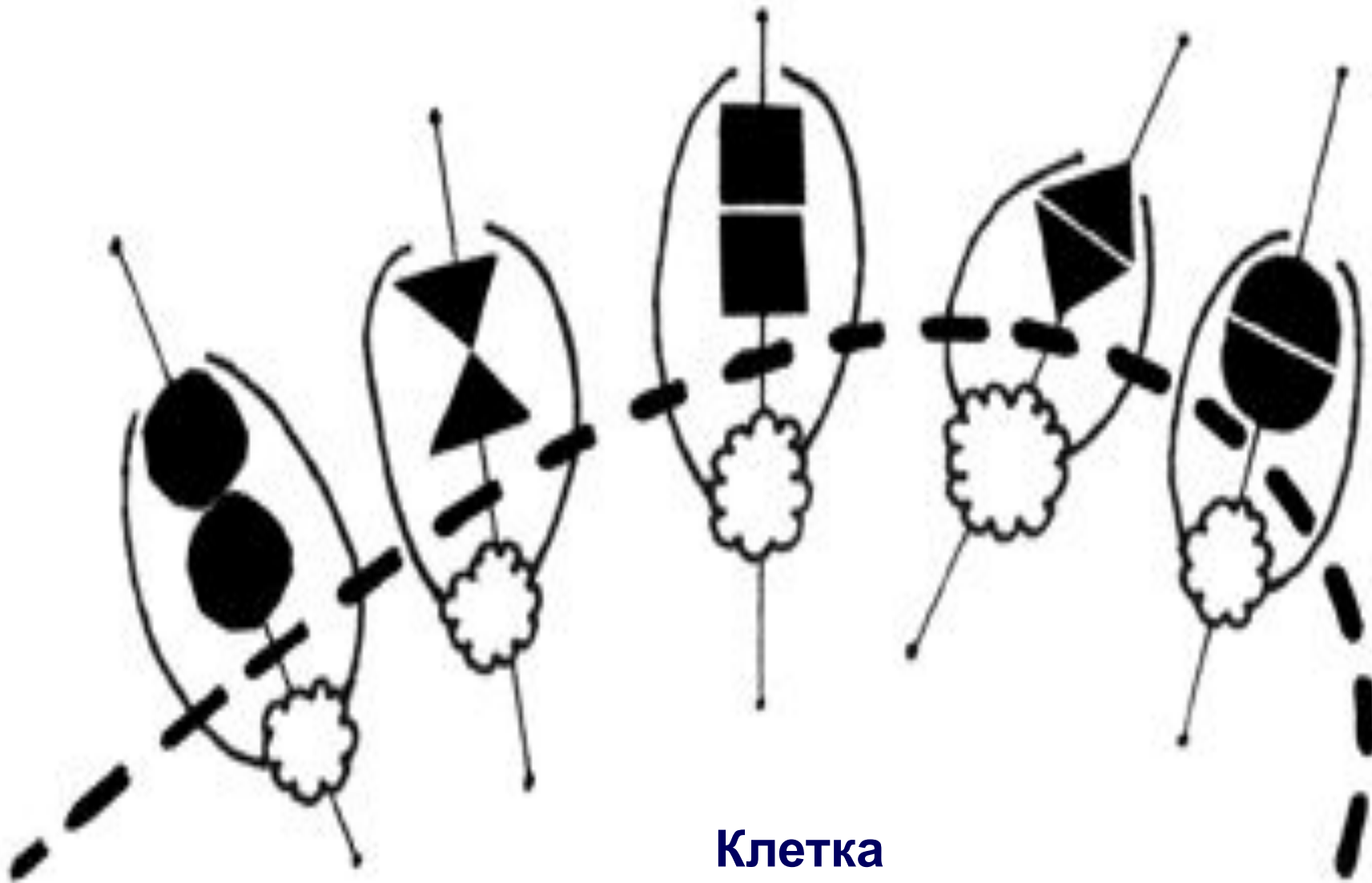
По характеру ощущений:

- Слуховые;
- Зрительные;
- Обонятельные;
- Осязания;
- Болевые;



По степени адаптации:

- Быстроадаптирующиеся;
- Медленноадаптирующиеся;
- Практически не адаптирующиеся (терморецепторы гипоталамуса);



Клетка

Этапы рецепции.

1. Прохождение энергии через вспомогательные структуры органов чувств.
2. Преобразование энергии внешнего стимула в электрическую активность клетки. В результате действия раздражителя на мембране рецепторной клетки возникает стойкая длительная деполяризация – это рецепторный потенциал, который обладает свойствами локального ответа.
3. Проведение сигнала от рецептора к окончанию нервного волокна.
4. Генераторный потенциал вызывает возникновение потенциала действия в первом перехвате Ранвье после рецептора.
5. ПД идёт в центральную часть анализатора.

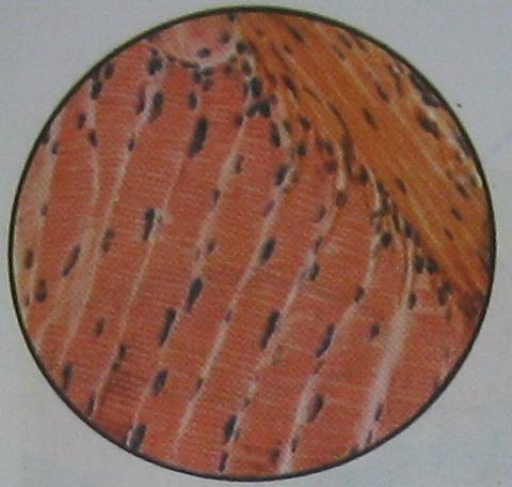
Сущность процесса рецепции.

В **первичночувствующем** рецепторе энергия раздражителя действует на нервное окончание сенсорного нейрона и приводит к появлению рецепторного или генераторного потенциала.

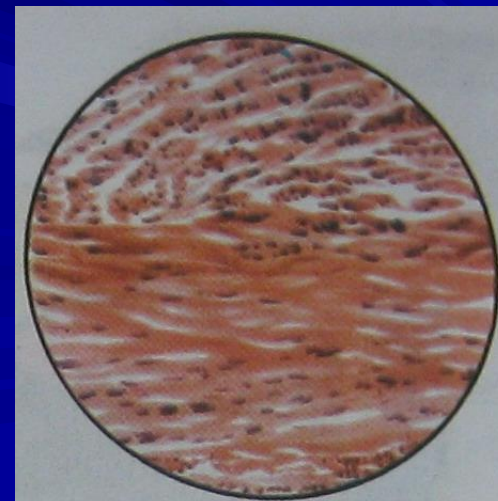
Рецепторный потенциал, так как возникает в рецепторе; *генераторный*, так как вызывает генерацию ПД в соседнем участке нерва – первом перехвате Ранвье.

Между величиной стимула и величиной рецепторного потенциала зависимость логарифмическая. Между величиной рецепторного потенциала и частотой ПД – прямая зависимость. Следовательно, между величиной стимула и частотой ПД зависимость логарифмическая.

- Во **вторичночувствующем** рецепторе энергия раздражителя действует на специализированную клетку, связанную сенсорным нейроном синапсом.
- Появление рецепторного потенциала приводит к выделению медиатора; который, взаимодействуя с рецепторами постсинаптической мембраны, приводит к появлению генераторного потенциала. Уже генераторный потенциал вызывает появление ПД в первом перехвате Ранвье нервного волокна афферентного нейрона.
- Между величиной стимула и величиной рецепторного потенциала – логарифмическая зависимость. Между величиной рецепторного потенциала и количеством выделенного медиатора – прямая зависимость. Между количеством выделенного медиатора и величиной генераторного потенциала – прямая зависимость. Между величиной генераторного потенциала и частотой ПД в первом перехвате Ранвье – прямая.



Физиология мышечной ткани.



Функция мышечной системы

- 1. формирование позы и перемещение тела в пространстве;**
- 2. насосная функция сердца, сосудистый тонус;**
- 3. дыхание и бронхиальный тонус;**
- 4. передвижение содержимого полых органов;**
- 5. выработка тепла;**
- 6. депо гликогена, белков и воды;**
- 7. механическая защита внутренних органов.**

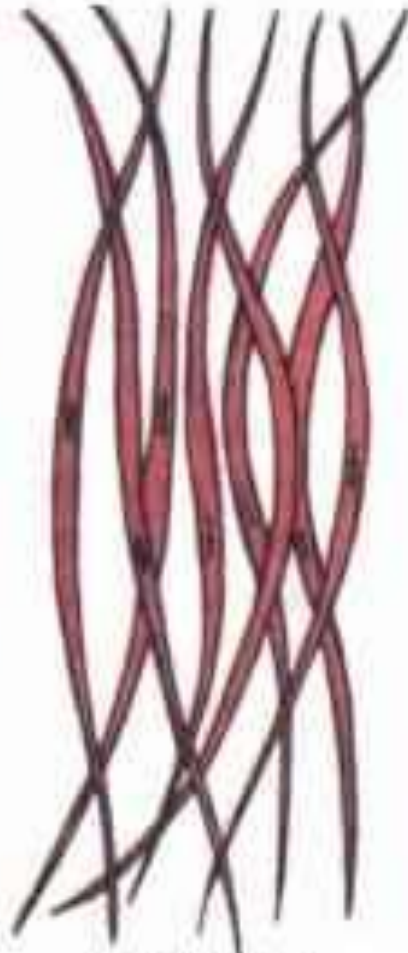
Виды мышц:

1. Поперечно-полосатая мышечная ткань:
 - скелетная;
 - сердечная;
2. гладкие мышцы;

ВИДЫ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ



скелетная



гладкая

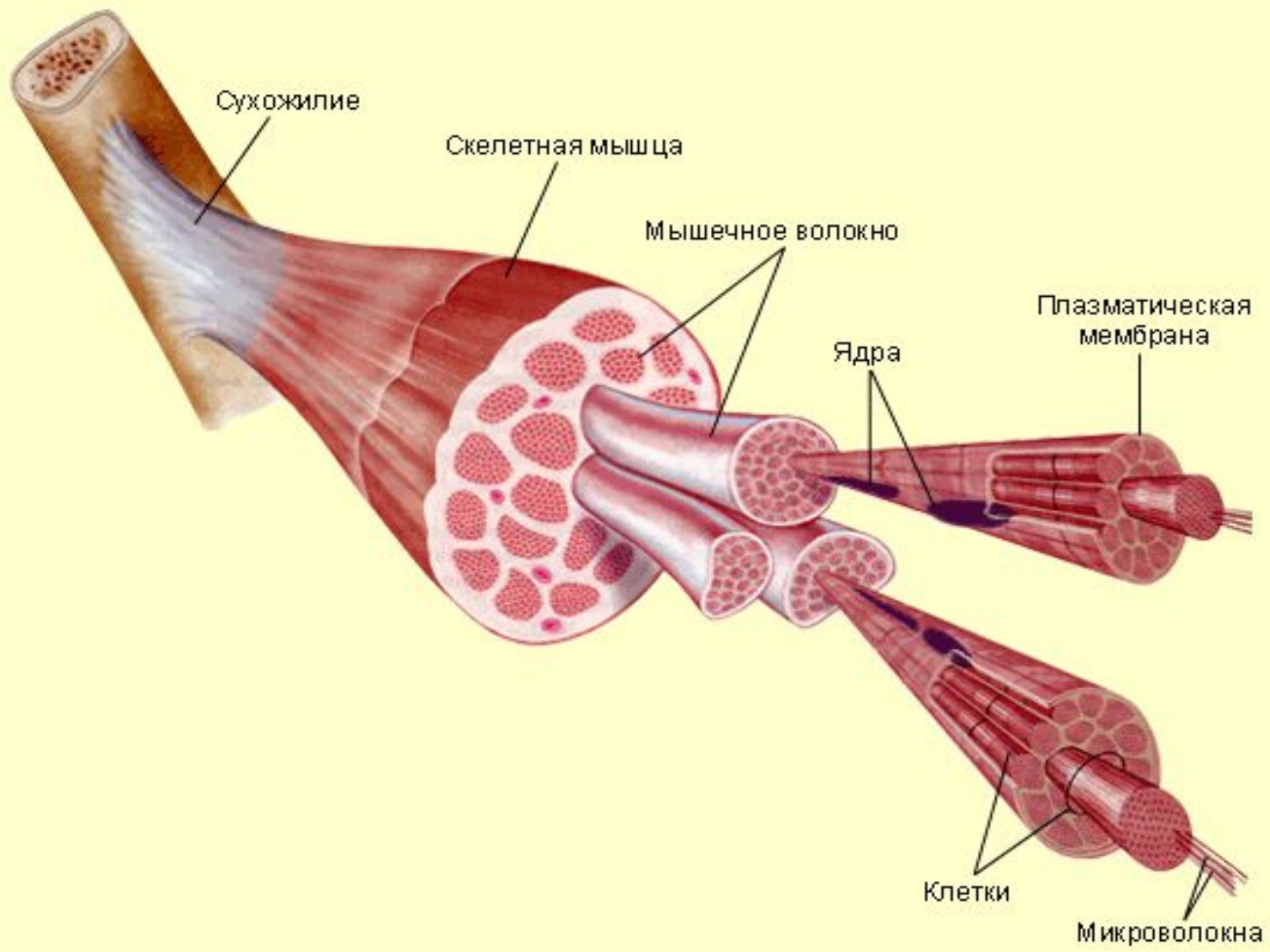


поперечнополосатая
сердечная

Физические свойства мышц:

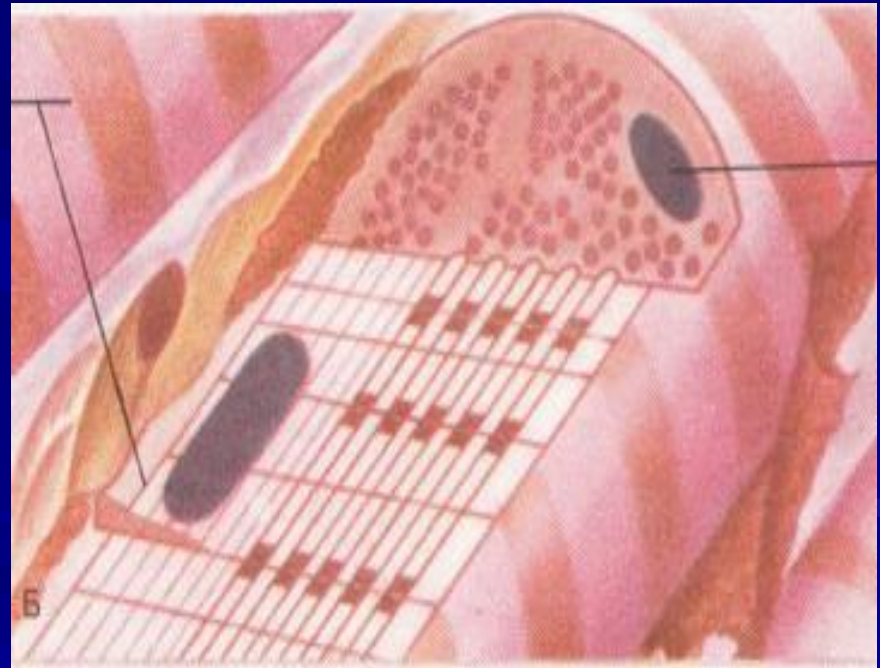
- эластичность и упругость;
- напряжение (тонус);
- пластичность – неупругая эластичность.

Физиологические свойства мышц:



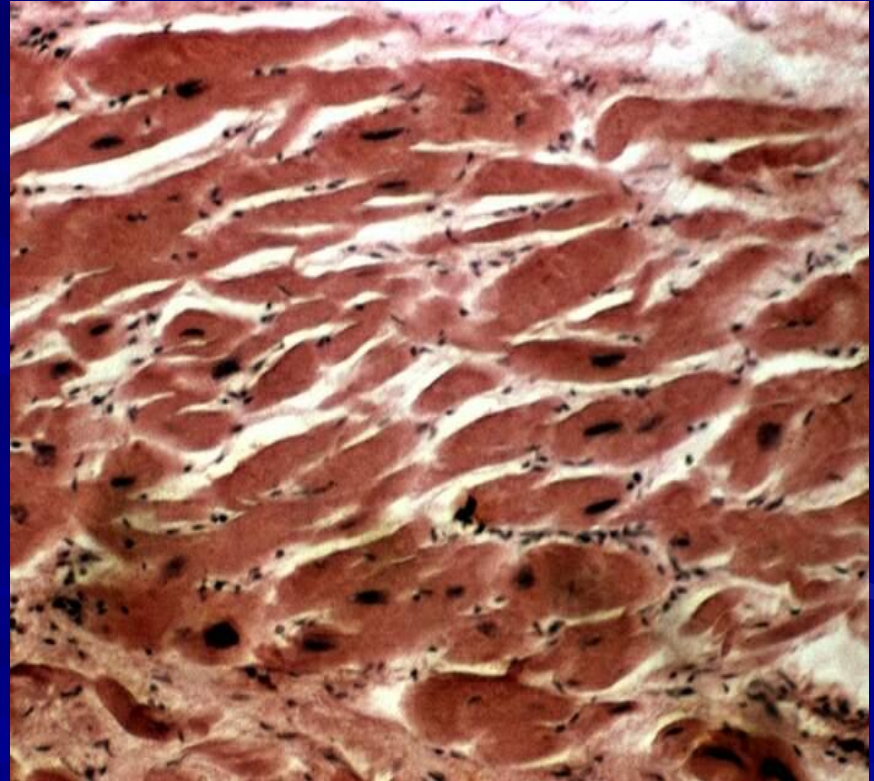
Свойства скелетной мышцы:

- возбудимость;
- проводимость;
- сократимость;
- эластичность;



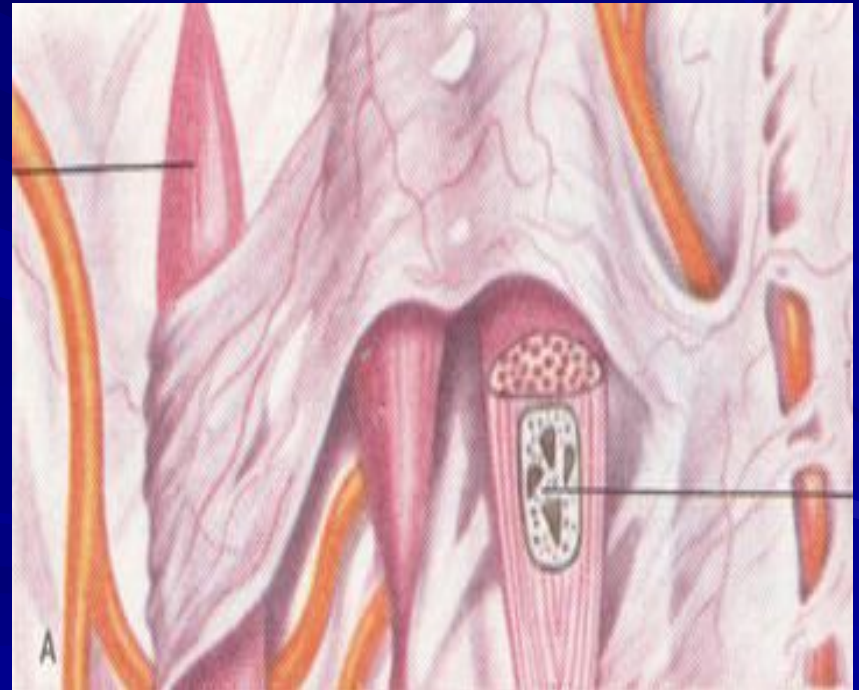
Свойства сердечной мышцы:

- Возбудимость;
- Проводимость;
- Сократимость;
- Автоматия;



Свойства гладкой мышцы:

- Возбудимость;
- Проводимость;
- Сократимость;
- Пластичность;
- Автоматия;



Понятие о нейромоторной единице или двигательной единицей (ДЕ).

Нейро-моторная единица -

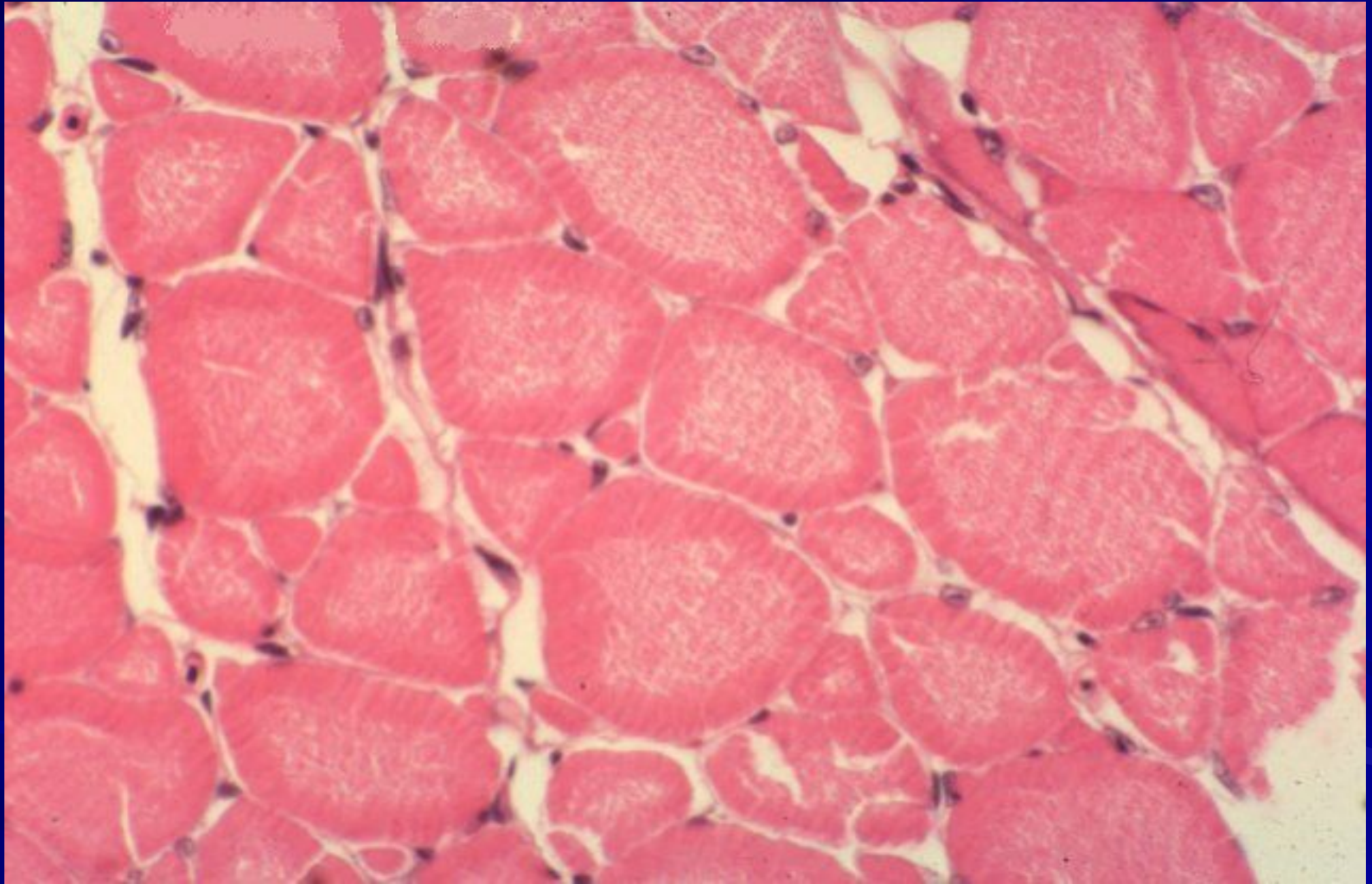
морфологический комплекс, состоящий из двигательного нейрона и иннервируемых им группы мышечных волокон.

Двигательные единицы – совокупность мышечных волокон, которые иннервируются разветвлениями аксона одного мотонейрона.

Классификация мышечных волокон.

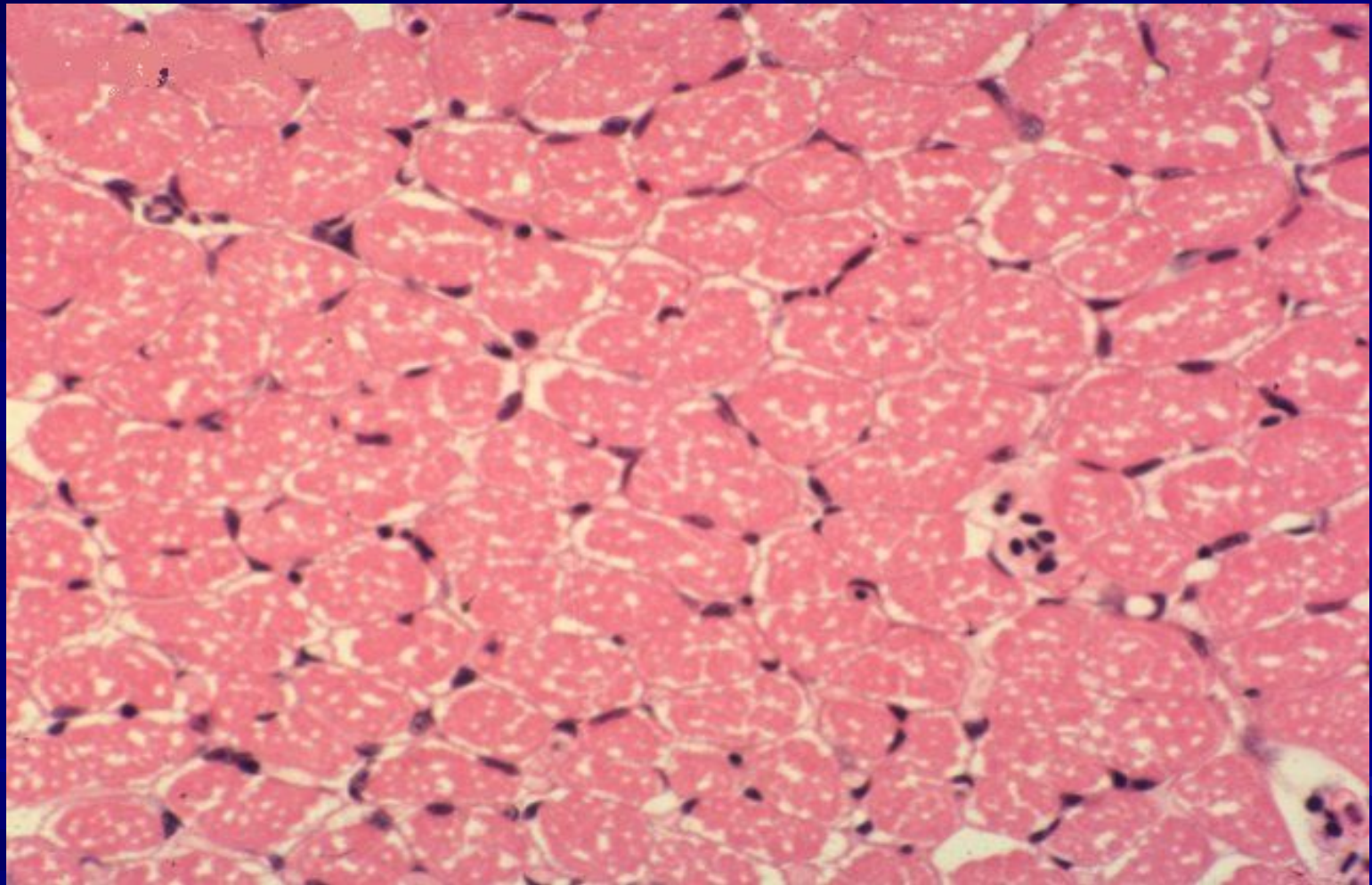
Быстрые (фазные):

- высокое содержание миофибрилл при небольшом объеме саркоплазмы;
- мало миоглобина – *белые*;
- малая сеть капилляров;
- длительность сокращения 10 – 30 мсек;
- возбуждаются импульсами частотой 50 в сек;
- много мышечных волокон;
- большая сила сокращения;
- более утомляемы;
- моносинаптическая иннервация;
- запуск сокращения только через потенциал действия.



Медленные (тонические):

- много миоглобина (красные);
- большая сеть капилляров;
- длительность сокращения 100 мсек;
- возбуждаются импульсами частотой 10 – 15 в сек;
- мало мышечных волокон;
- малая сила сокращения;
- менее утомляемы;
- полисинаптическая иннервация;
- запуск сокращения еще и через градуальную деполяризацию.
- Мышечные волокна также подразделяются на **фазические** (они генерируют ПД) и **тонические** (не способны генерировать полноценный ПД распространяющегося типа).



Виды сокращений:

- *Динамический* – чередование сокращения и расслабления.
- *Статический* – длительное сокращение без изменения длины

Режимы сокращений:

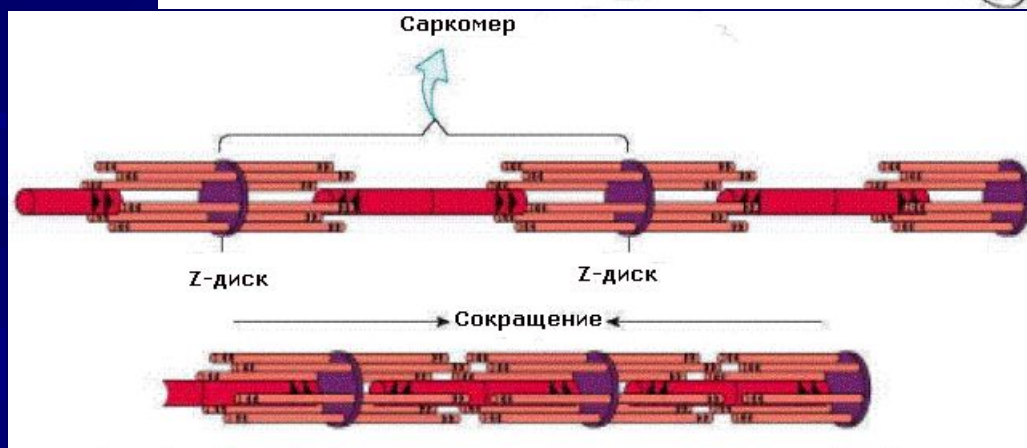
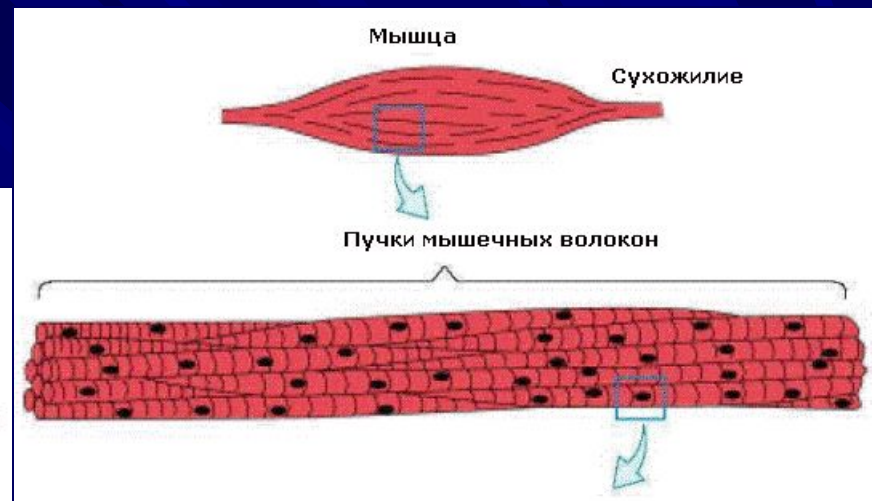
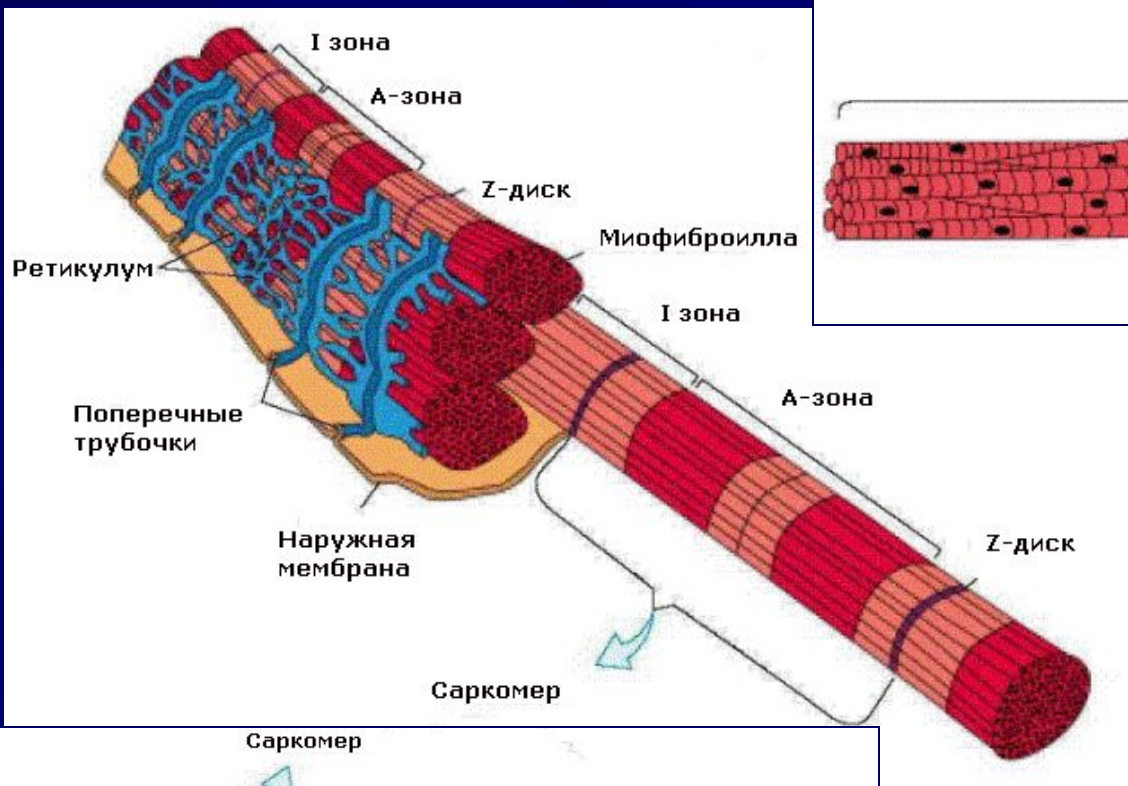
- **Изотонический** – напряжение остается постоянным, длина мышцы уменьшается;
- **Изометрический** – увеличение напряжения при постоянной длине мышечного волокна;
- **Ауксотонический** – физиологический режим сокращения, при котором длина уменьшается, напряжение увеличивается.

Одиночное мышечное сокращение.

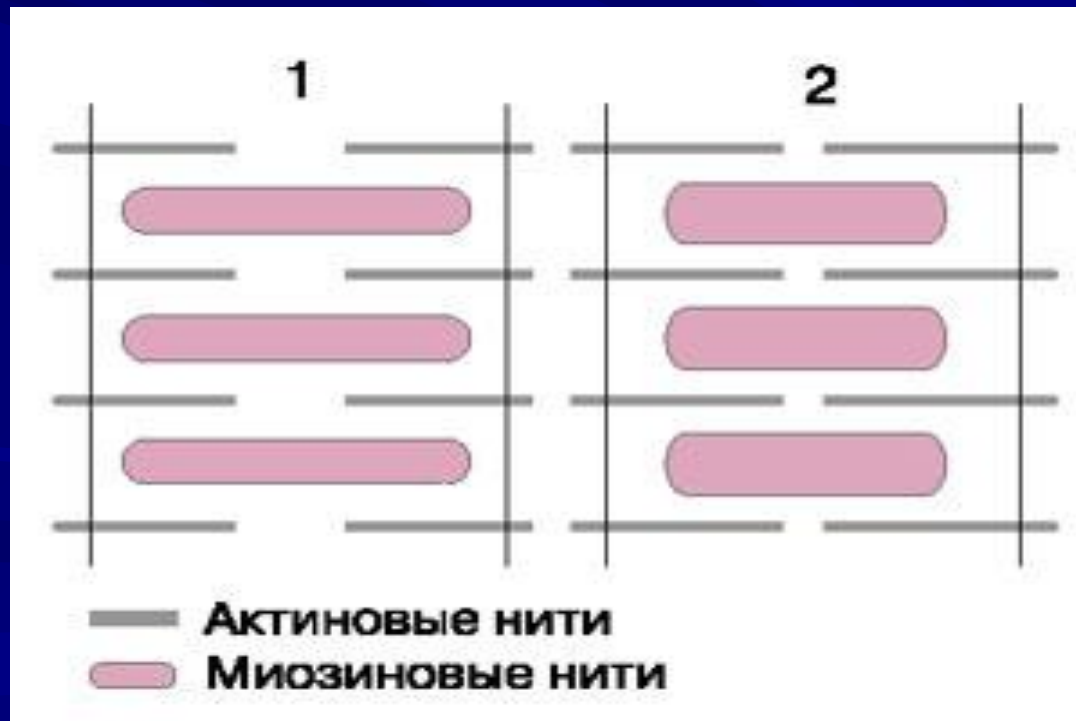
- *Латентный период* – необходим для активации мембраны и внутриклеточных структур.
- Фаза *сокращения* мышцы.
- Фаза *расслабления*.

- Если очередной стимул попадает в фазу расслабления, мышца не успевает расслабиться, возникает дополнительное сокращение, развивается длительное напряжение - ***зубчатый тетанус***.
- При этой частоте, когда каждый очередной стимул попадает в фазу укорочения мышцы, происходит продолжительная активация сократительной системы, развивается мощное длительное сокращение, которое называется ***гладким тетанусом***

Строение мышечного волокна

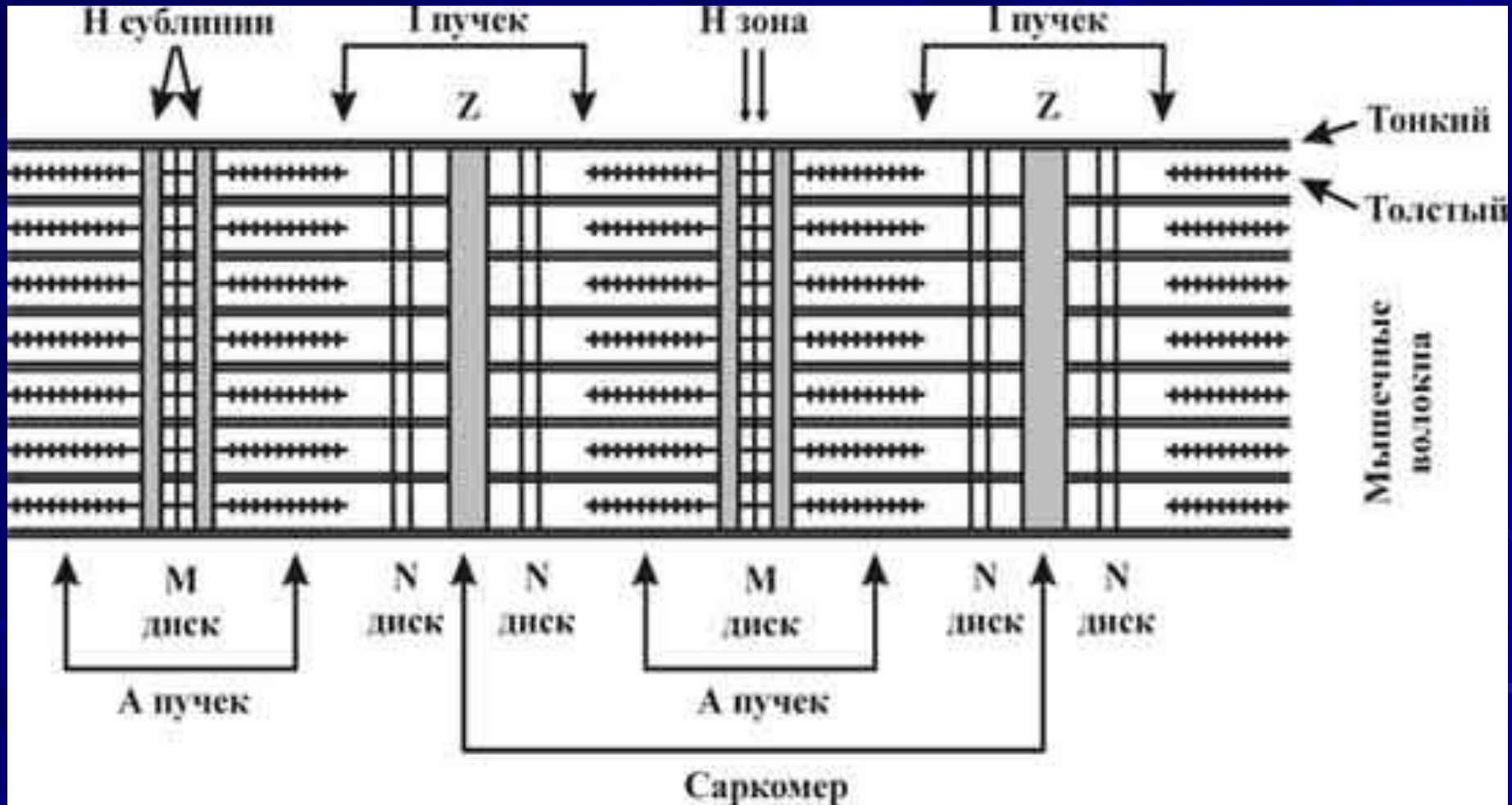


Актин и миозин - сократительных белков. Они образуют в мышечных волокнах тонкие и толстые нити, которые собраны в пучки диаметром 1 мкм.



В этих пучках различают поперечные мембраны или пластинки, которые ограничивают функциональную и структурную единицу мышечного волокна, получившего название *саркомер*

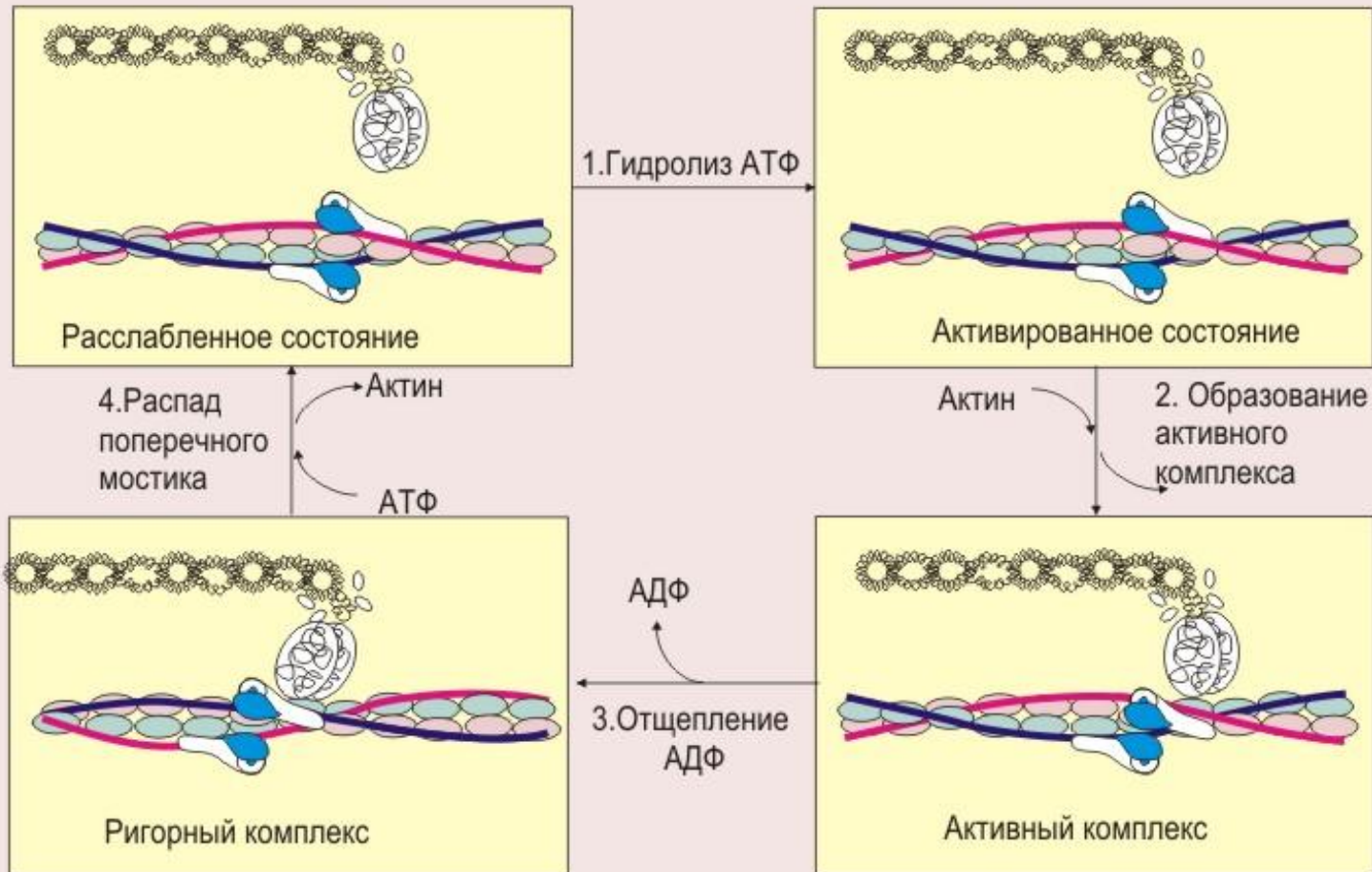
Структура саркомера.



Укорочение саркомеров.

Укорочение мышцы в результате сокращения множества саркомеров, соединенных последовательно. При укорочении тонкие актиновые нити скользят вдоль толстых миозиновых и двигаются к середине саркомера. Во время скольжения длина актиновых и миозиновых нитей не меняется, но при наблюдении в световой микроскоп не изменяется ширина А-диска, тогда как И-диски и Н-зона становятся более узкими.

Работа поперечных мостиков:



Механизм активации сократительных белков.

Сократительные белки: - Актин;
- Миозин;

Регуляторные белки: - Тропонин;
- Тропомиозин.

Электромеханическое сопряжение:

1. Стимуляция приводит к деполяризации сарколеммы.
2. Деполяризация Т-системы и СПР.
3. Выход ионов Са из СПР.
4. Диффузия Са к тонким актиновым нитям.

Сокращение:

5. Образуется комплекс Са + тропонин
6. Комплекс Са + тропонин снимает две блокады: тропомиозин блокирует актин, тропонин I блокирует АТФ-азную активность миозина.
7. Головки миозина образуют поперечные мостики к актиновой нити.
8. Поперечные мостики поворачиваются при гидролизе АТФ и происходит мышечное сокращение.

Расслабление:

9. Са отделяется от комплекса с тропонином.
10. Са диффундирует от тонких актиновых нитей в саркоплазматический ретикулум.
11. Тропомиозин возвращается на блокирующее место.
12. Тропонин I блокирует АТФ-азную активность миозина.
13. Поперечные актомиозиновые мостики разрываются и нити смещаются друг относительно друга. В головках вновь накапливается АТФ.

В гладких мышцах

- сократительные белки:
актин и миозин;
- регуляторные белки:
кальмодулин и тропомиозин.