

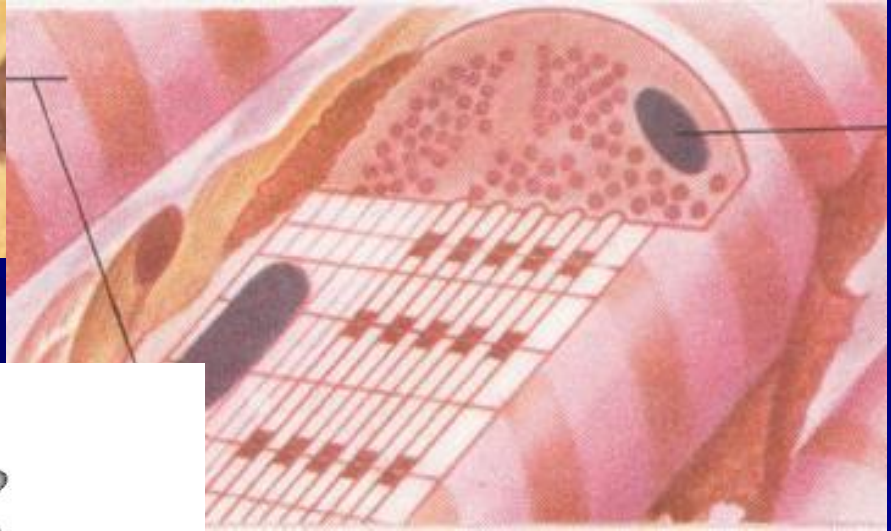
# Физиология возбудимых тканей

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);

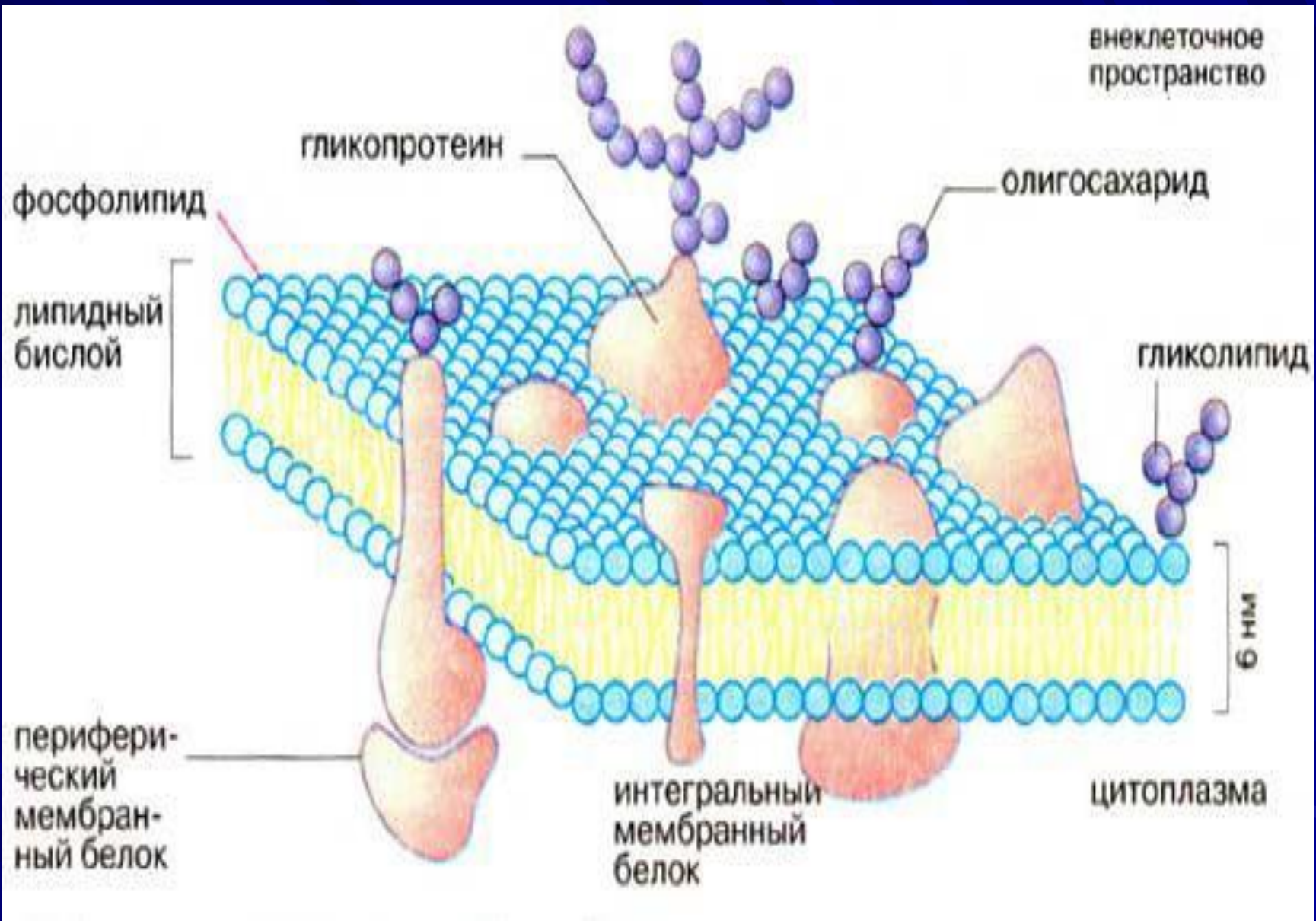
*При возбуждении биопотенциал делится на:*

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.

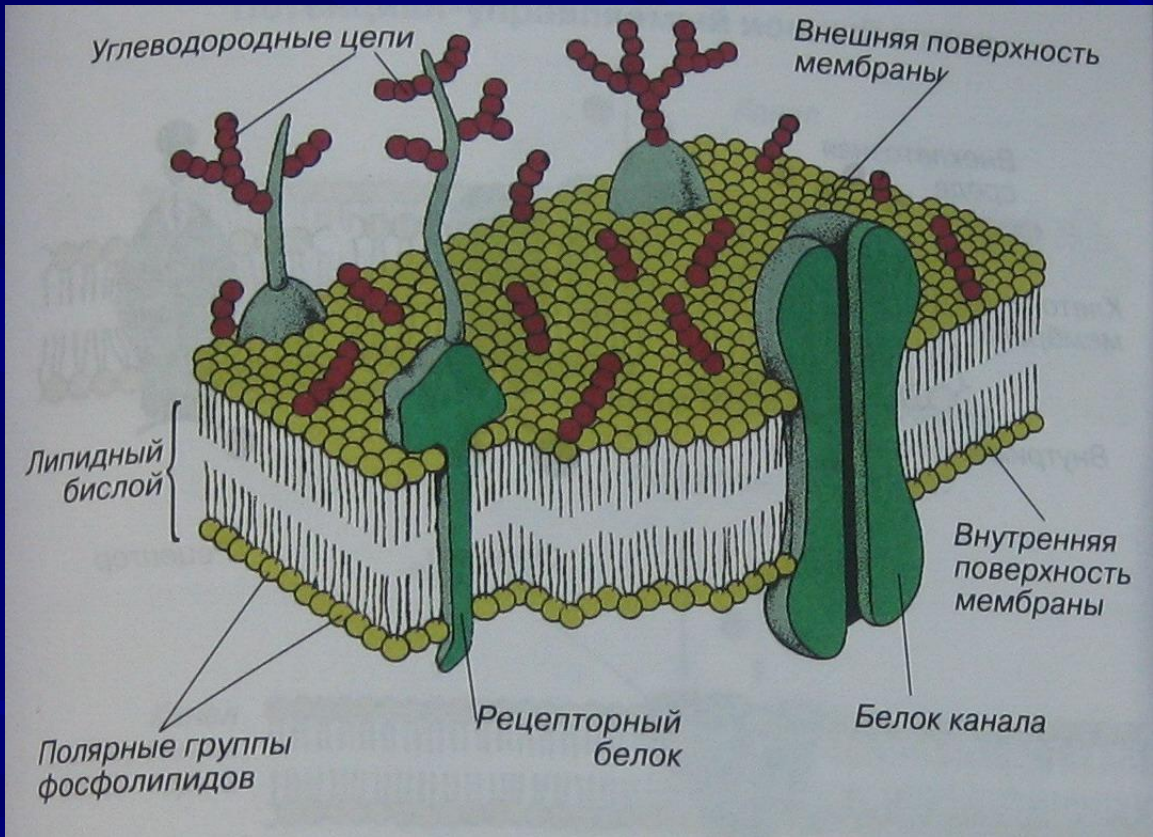




# ***Функции мембран:***

- **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;**

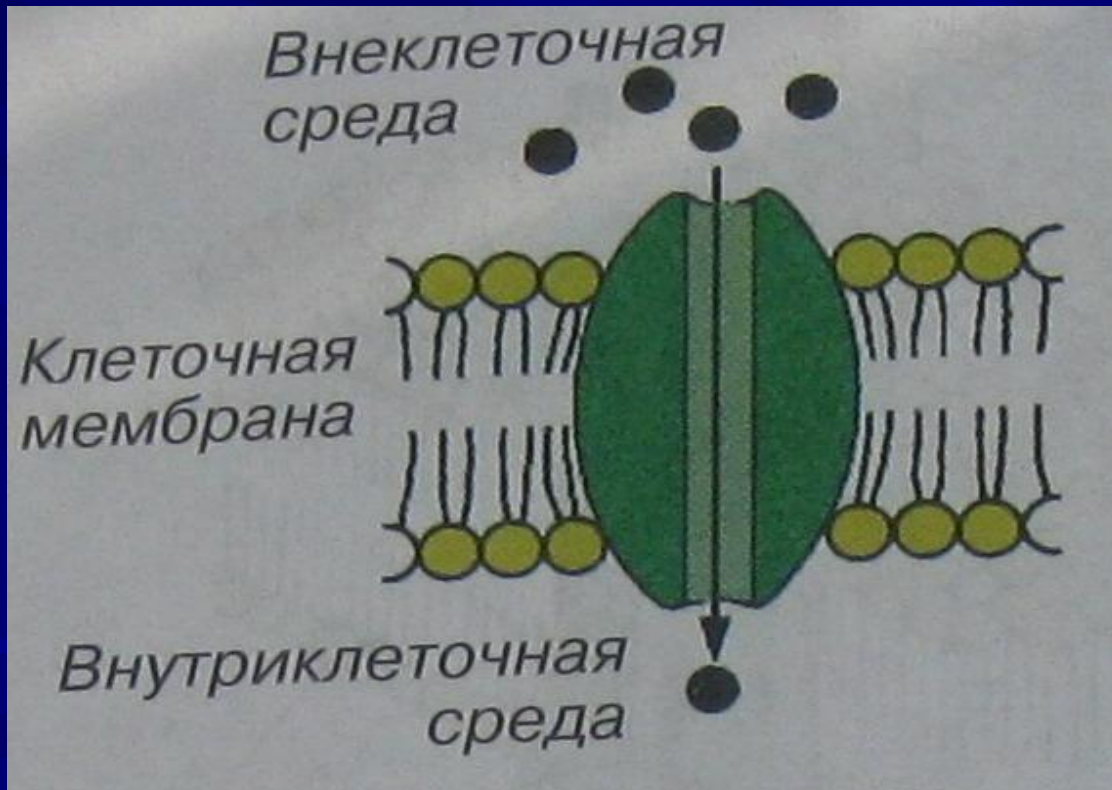
Структурная основа мембраны – это двойной слой фосфолипидов, в который встроены мембранные белки.



# 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.

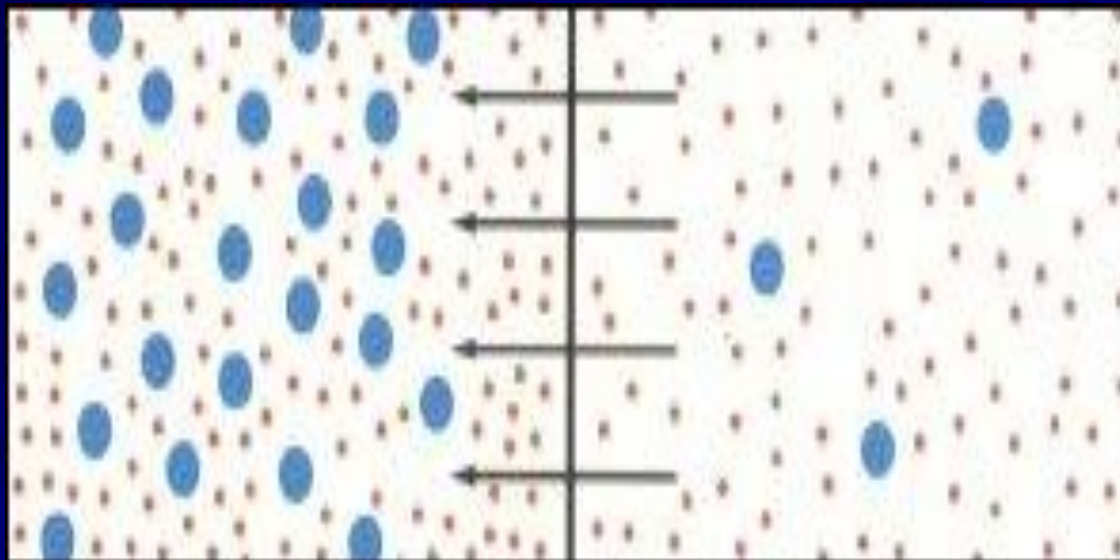


# *Транспорт веществ через мембраны.*

- Пассивный транспорт – осуществляется без затрат энергии.

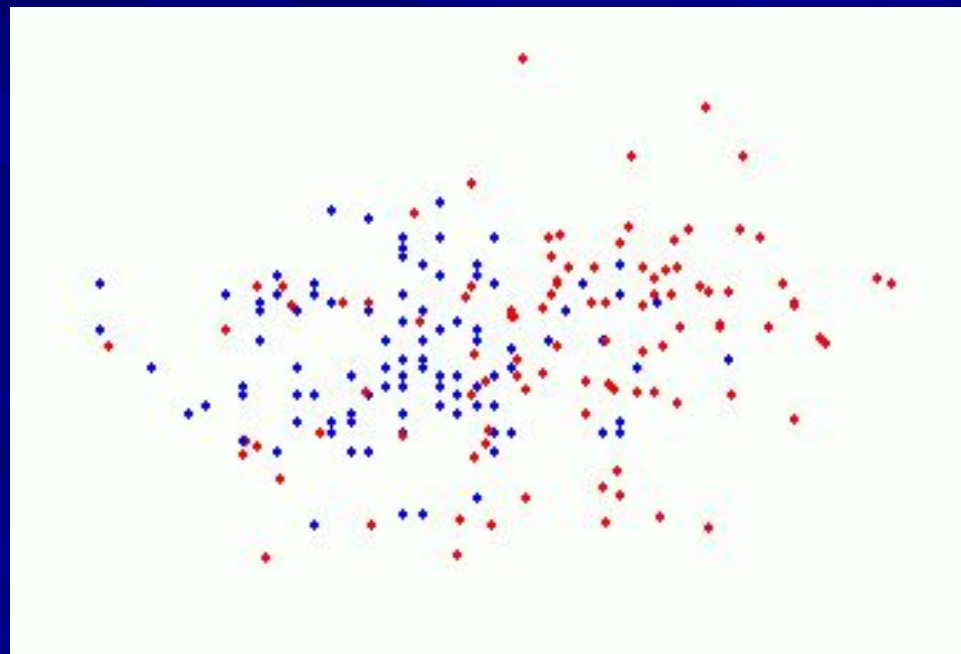
## Виды пассивного транспорта:

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



**Осмос**

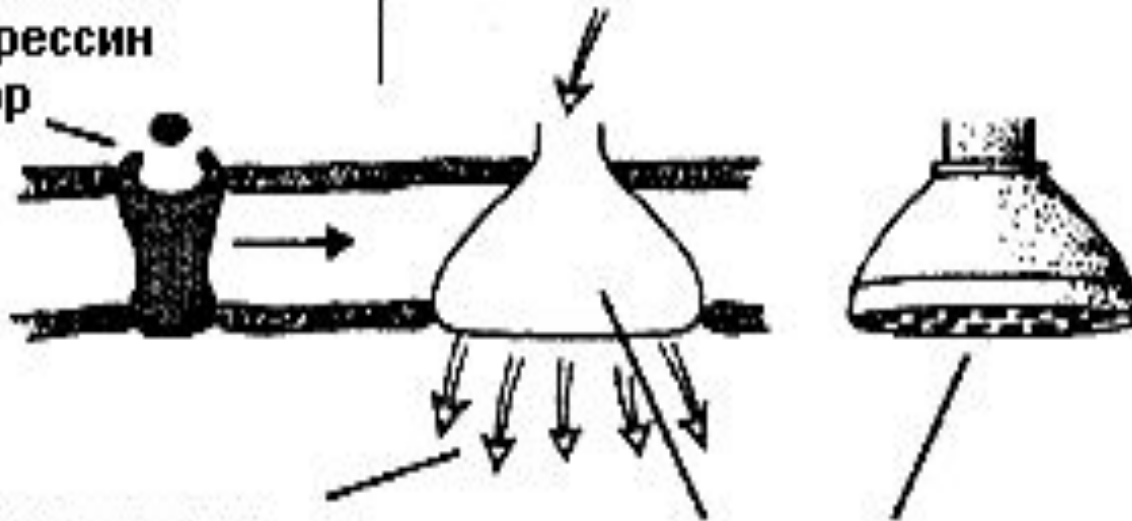
**Диффузия**



# 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

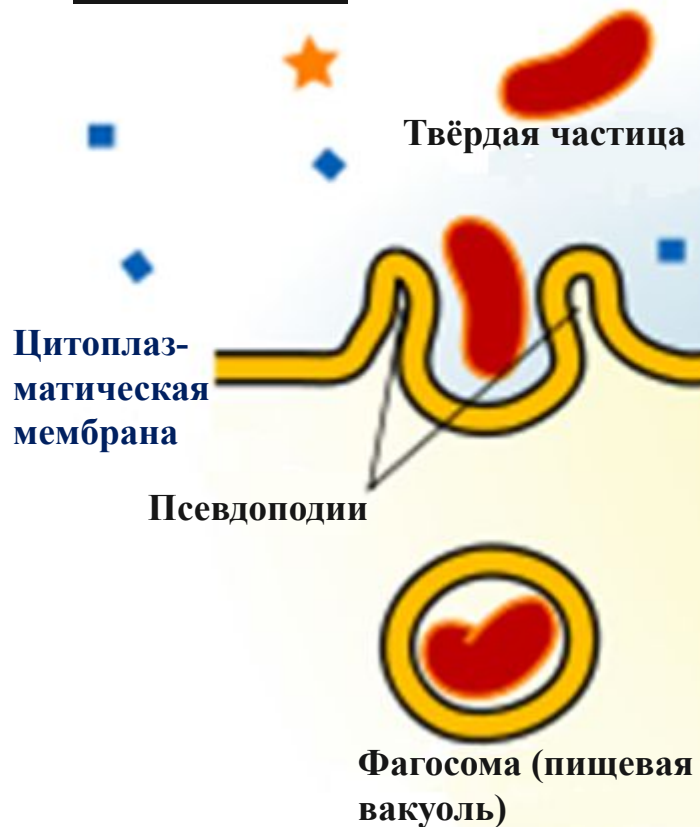
- **Активный транспорт** – осуществляется с затратой энергии против концентрационного градиента.

Виды активного транспорта:

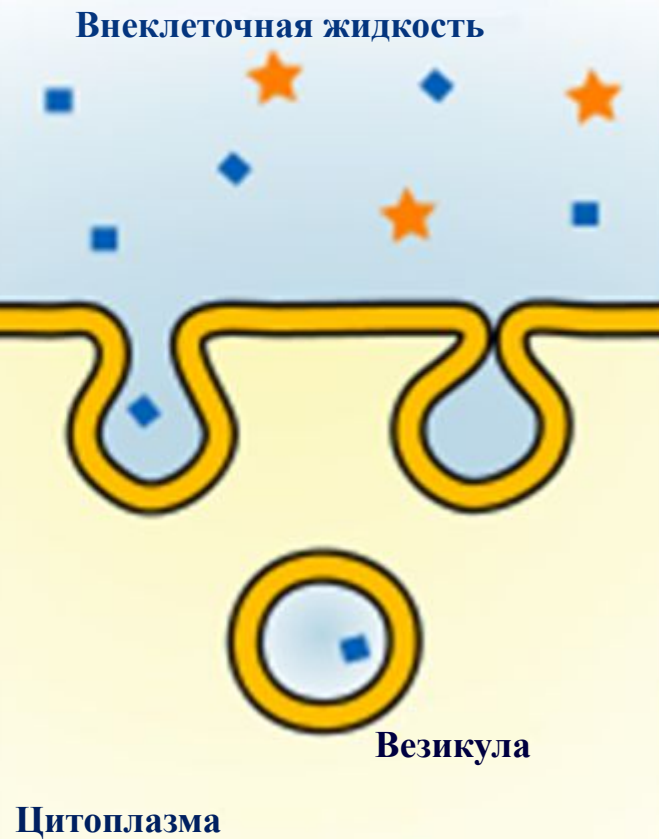
- **Ионные насосы** - обеспечивают активный транспорт ионов и поддержание ионных градиентов по обе стороны мембраны.
- **Фагоцитоз** – транспорт крупных частиц за счет перестройки мембраны.
- **Пиноцитоз** - транспорт жидкости и мелких частиц из внешней среды за счет перестройки мембраны.

# Эндоцитоз.

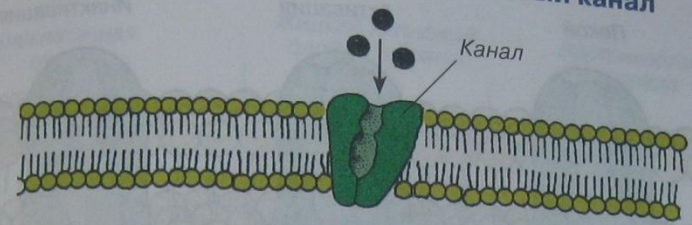
## Фагоцитоз:



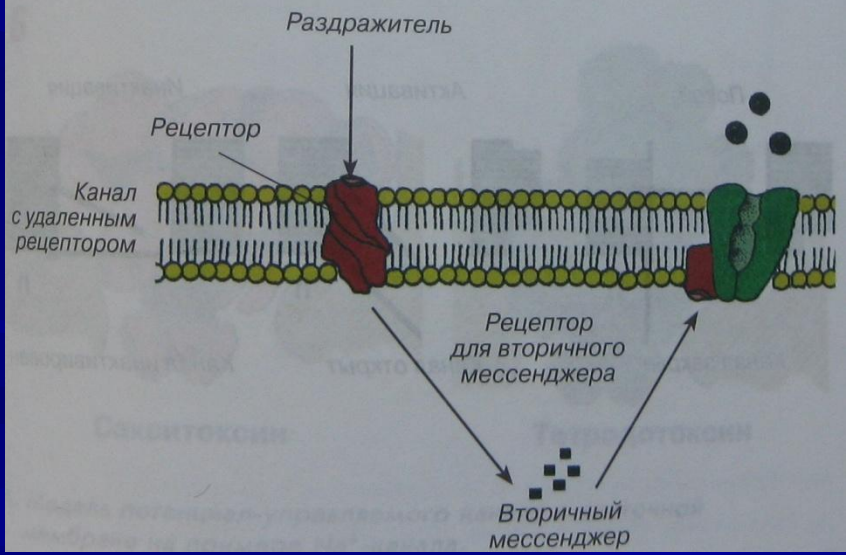
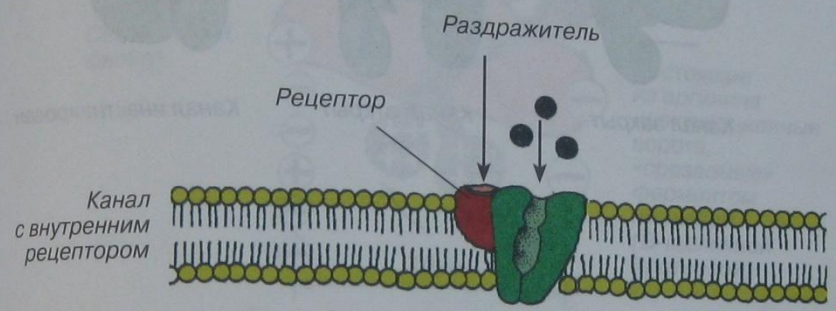
## Пиноцитоз:



### 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<sup>+</sup>;  
- закачиванием в клетку 2 K<sup>+</sup>.
- 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.

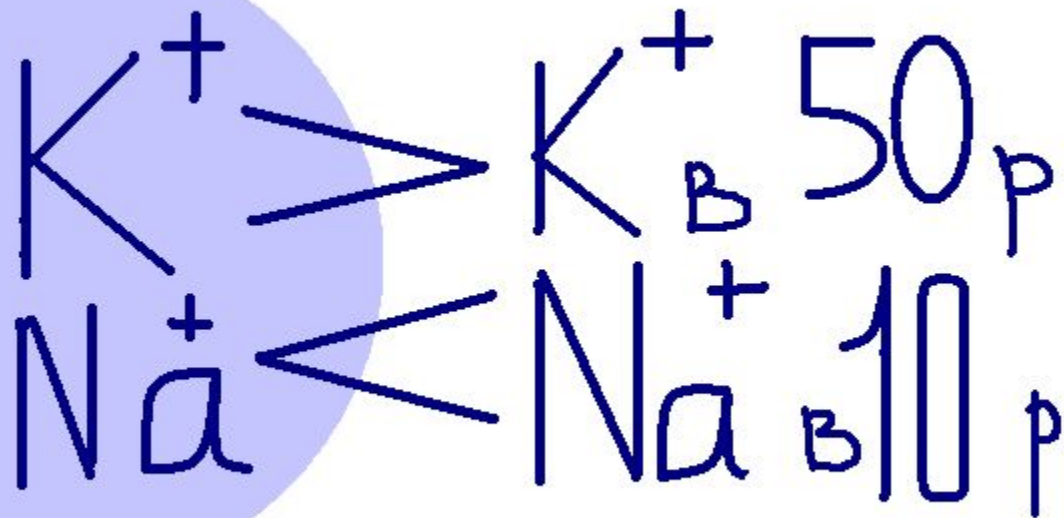
Величина мембранного потенциала отличается у клеток разных тканей:

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

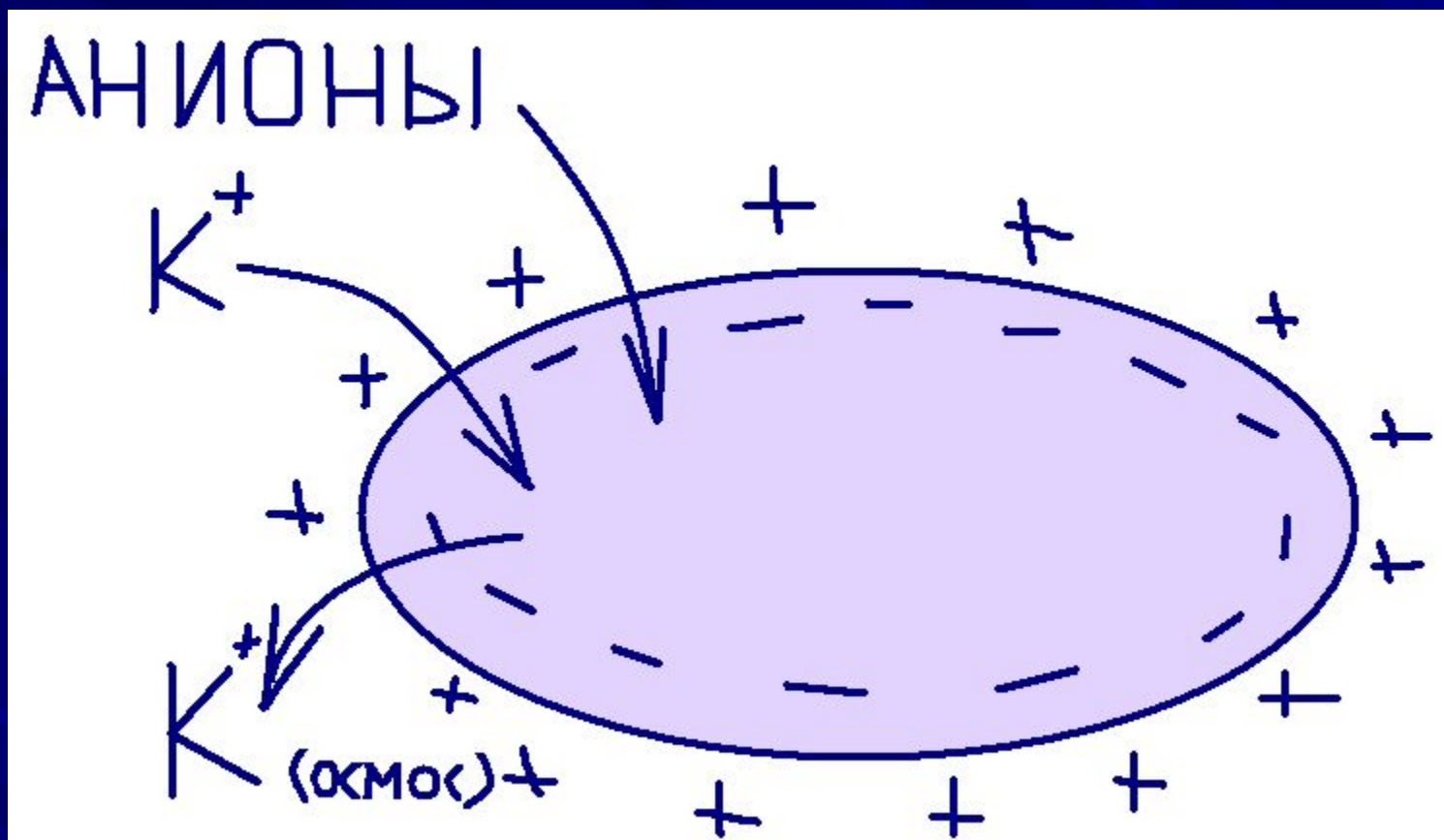
- **Потенциал действия** – это распространяющееся возбуждение, условием возникновения которого служит достижение мембранным потенциалом уровня критической деполяризации.
- **Мембранный потенциал покоя** – это разность потенциалов между наружной и внутренней средой клетки, которая обусловлена повышением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

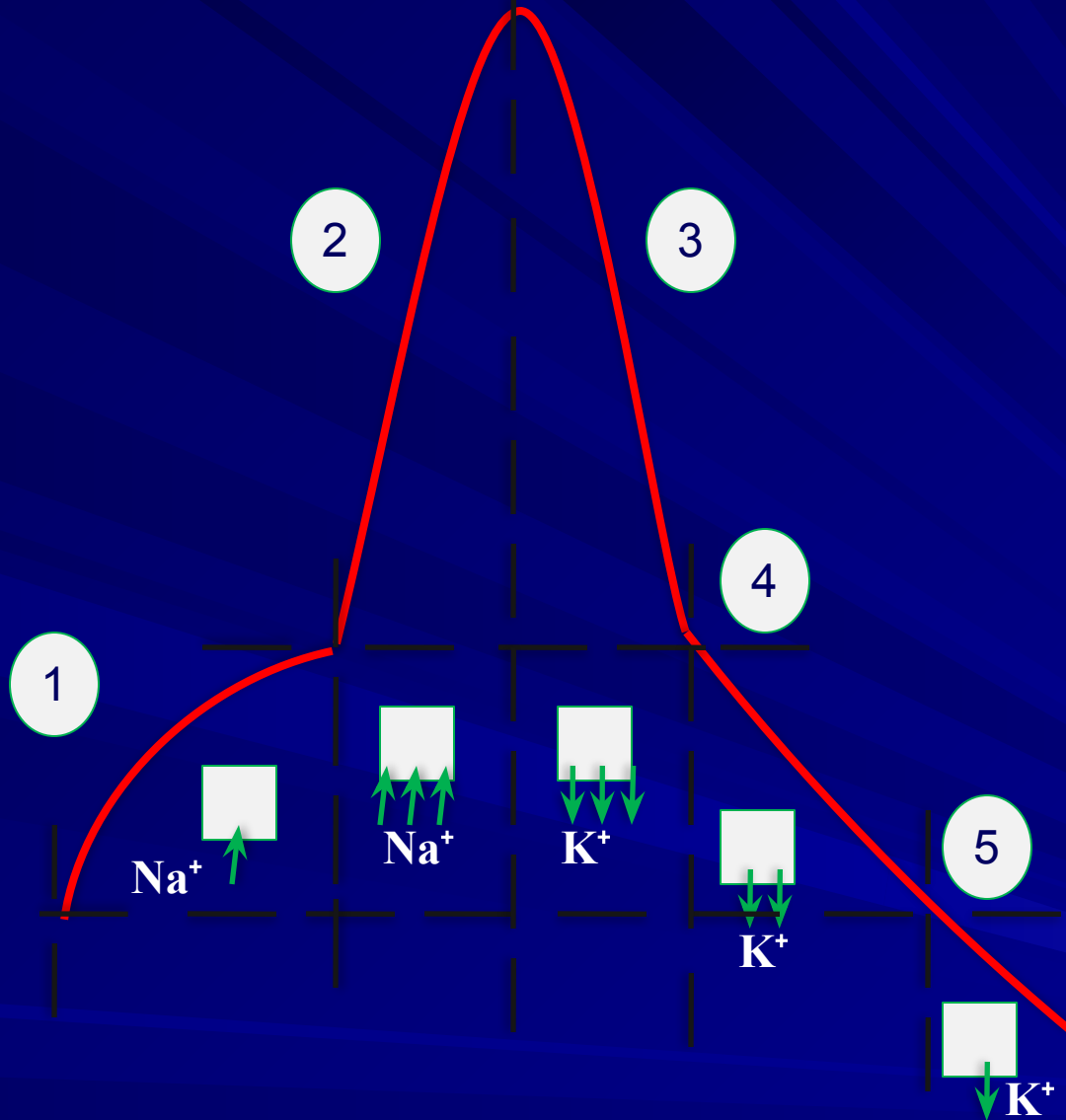
- отвечает на пороговые и сверхпороговые стимулы;
- быстрая деполяризация;
- амплитуда 100 – 120 мВ;
- суммация невозможна;
- на высоте возбуждения возбудимость отсутствует;
- подчиняется закону “все или ничего”;
- распространяется по нервному волокну без затухания;
- вызывает специфическую реакцию.

# 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;

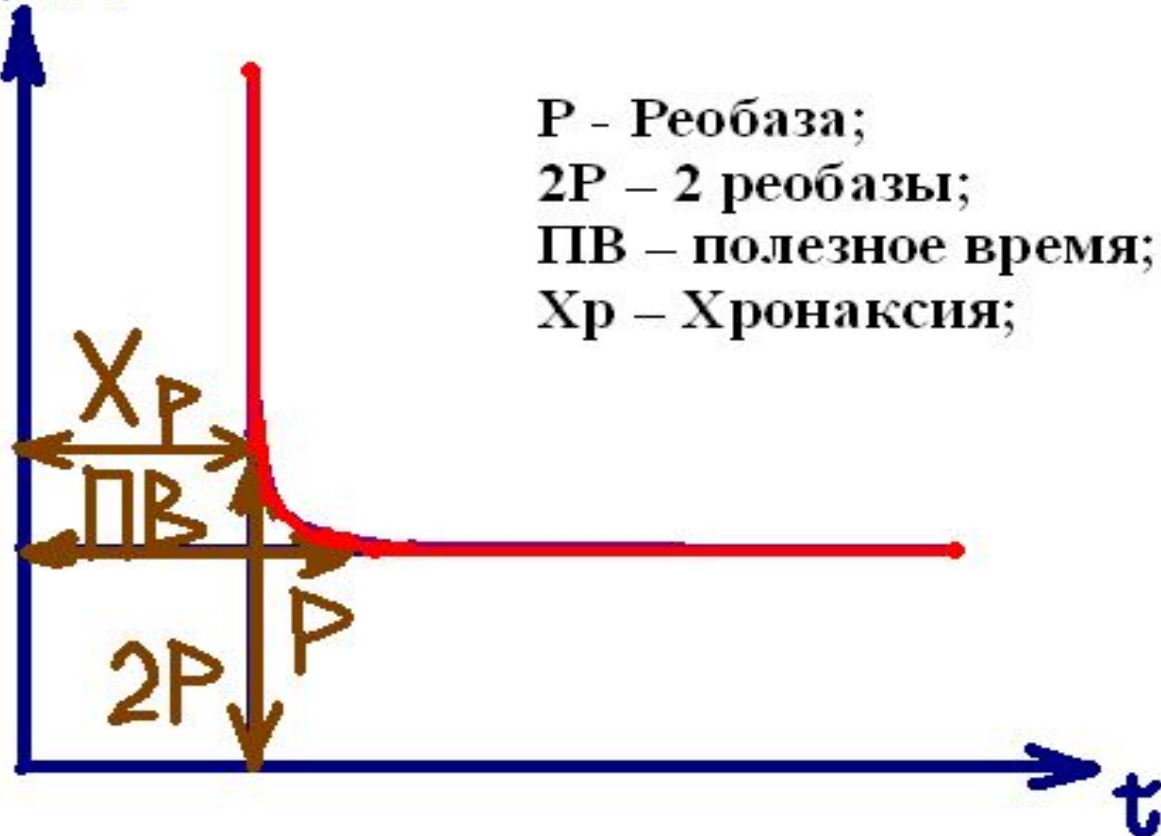
# “силы – времени”.

- 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;

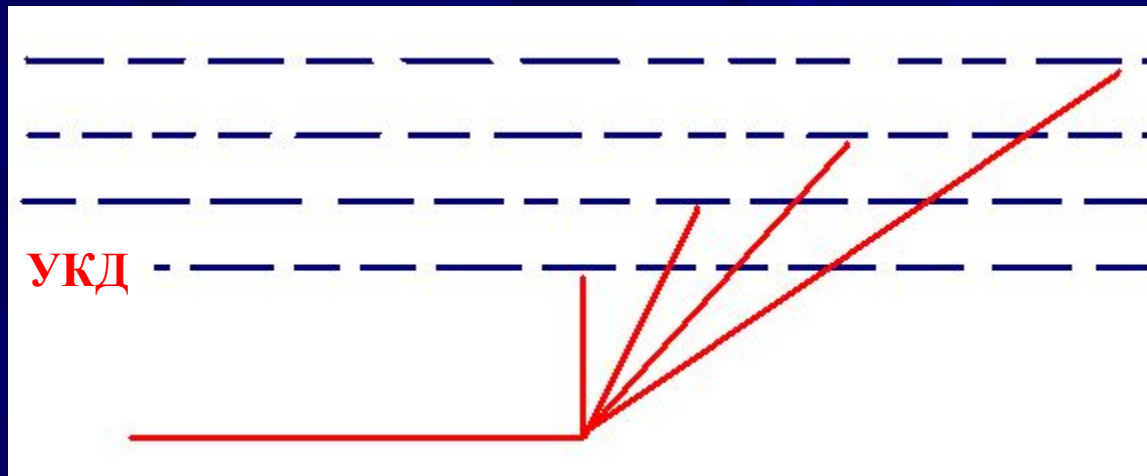
- **Порог (реобаза)** – это минимальная сила раздражителя, которая впервые вызывает ответную реакцию.
- **Полезное время** – это наименьшее время, в течение которого должен действовать стимул в одну реобазу, чтобы вызвать возбуждение. (Дальнейшее увеличение полезного времени не имеет значения для возникновения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

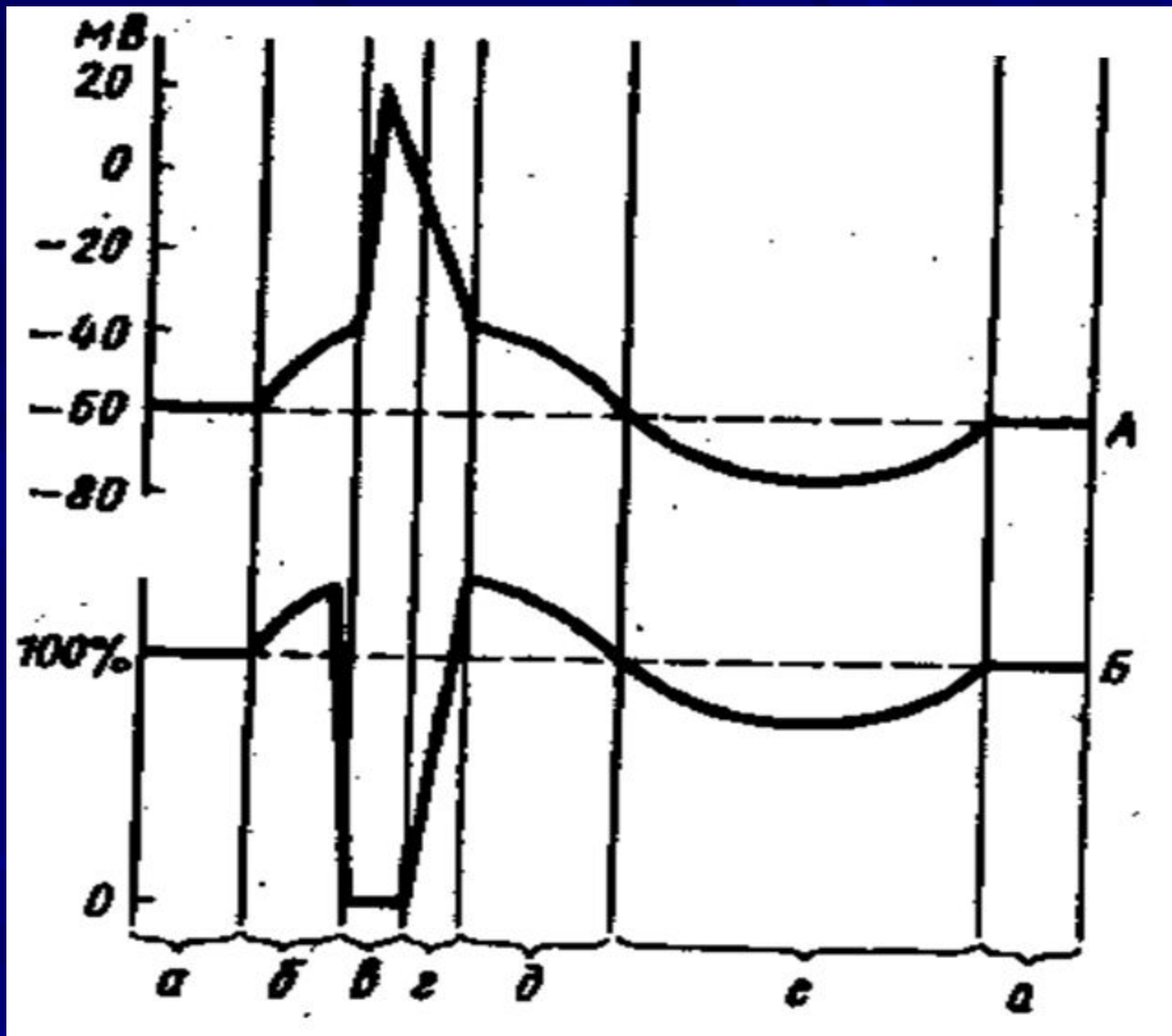
# Закон «все или ничего».

- «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 следовый потенциал), возбудимость повышена.
5. Субнормальный период соответствует фазе следовой гиперполяризации потенциала действия (положительный следовый потенциал), возбудимость снижена.



# Закон: Лабильности

**Лабильность** – скорость протекания физиологических процессов в возбудимой ткани.

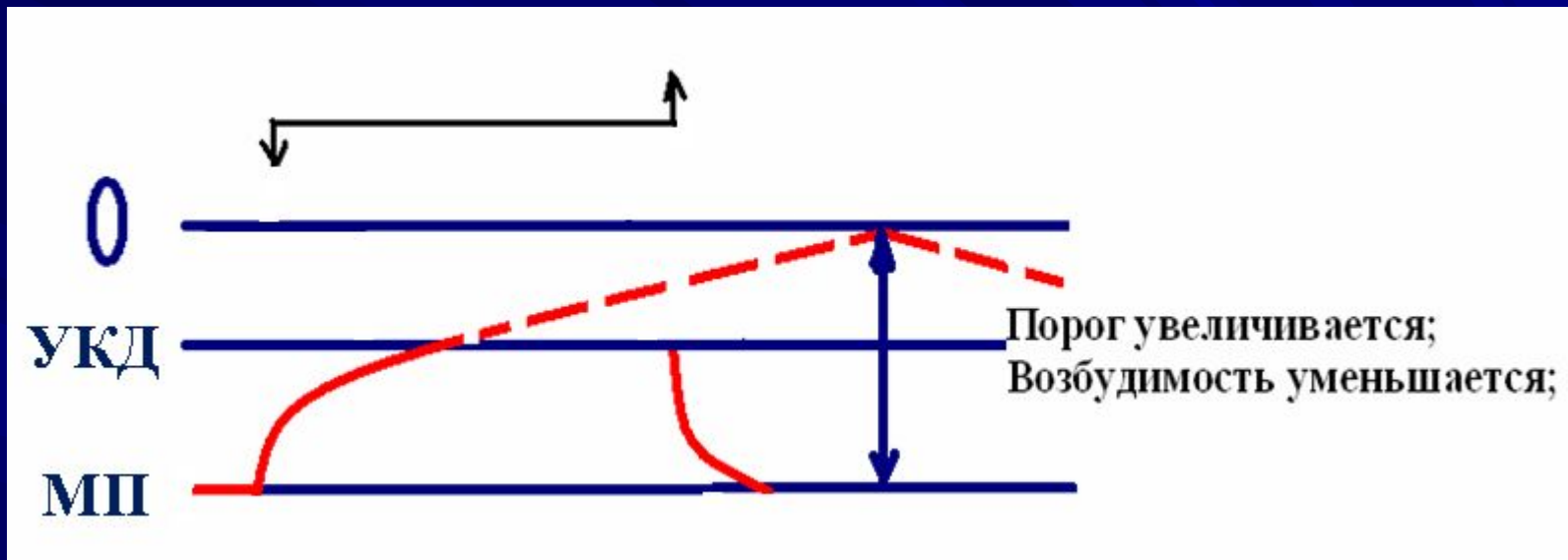
Мерой лабильности могут служить:

- 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.

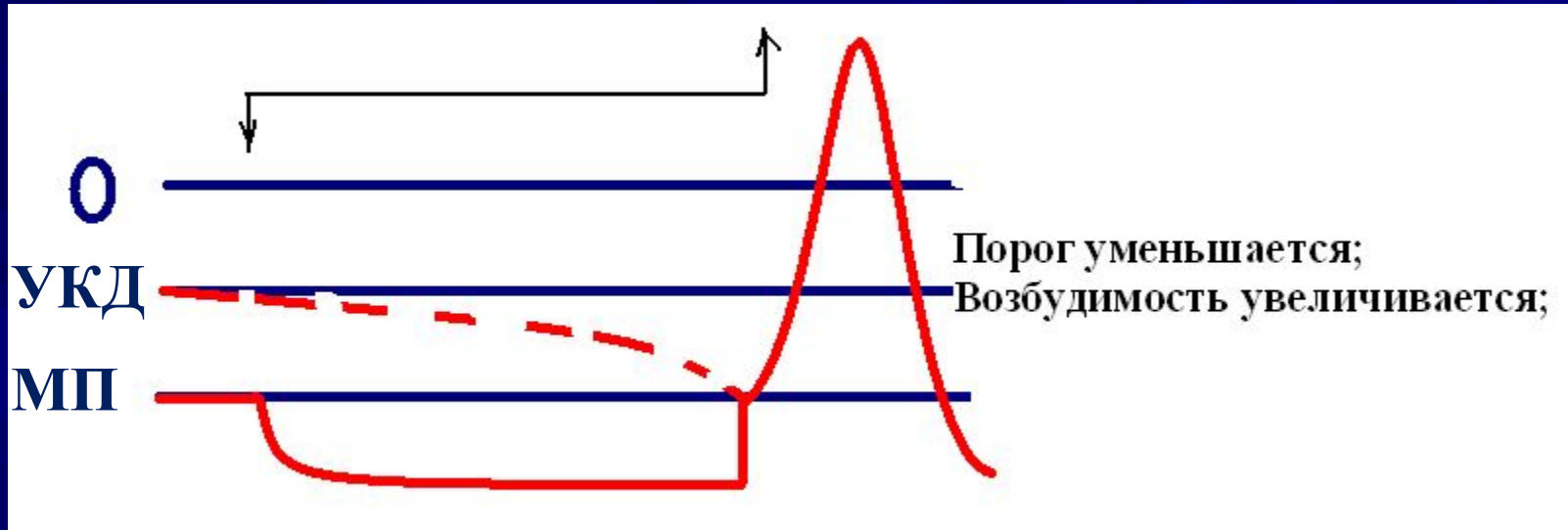
# Изменение возбудимости под катодом.



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



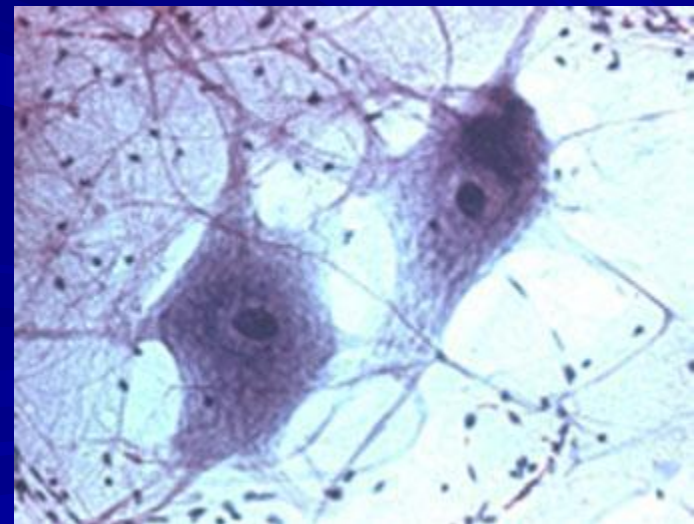
# Изменение возбудимости под анодом.



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.

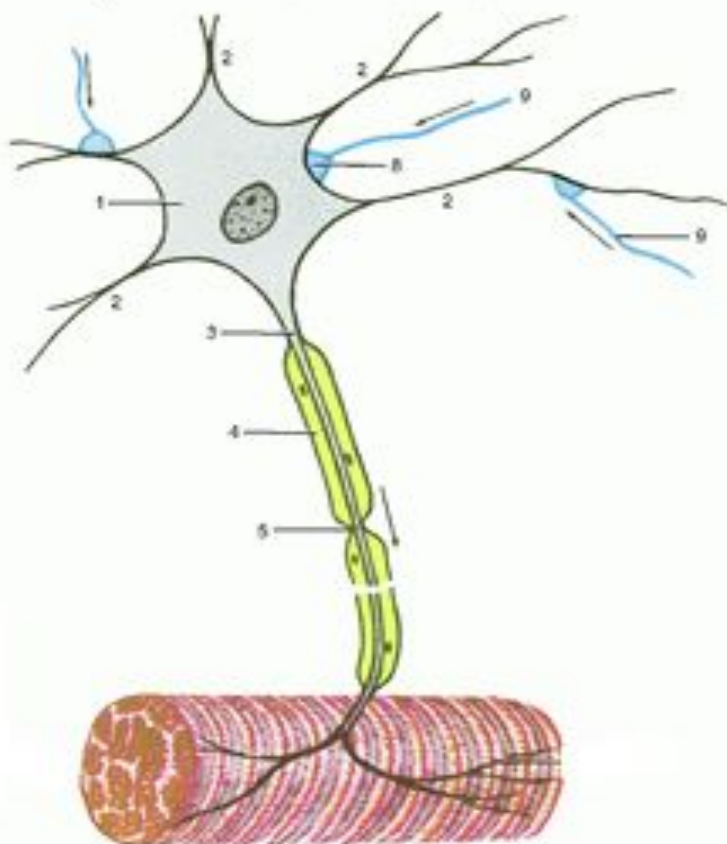
# Закон изолированного проведения возбуждения в нервных стволах.

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

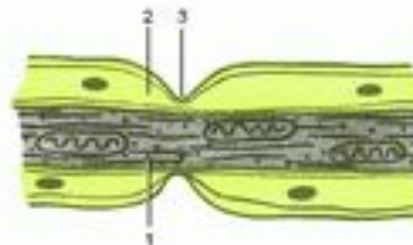
**Физиология нейронов,  
глиальных клеток,  
рецепторов и синапсов.**

# Нервная ткань

Нервная клетка, аксон, мышца



Строение нервного волокна

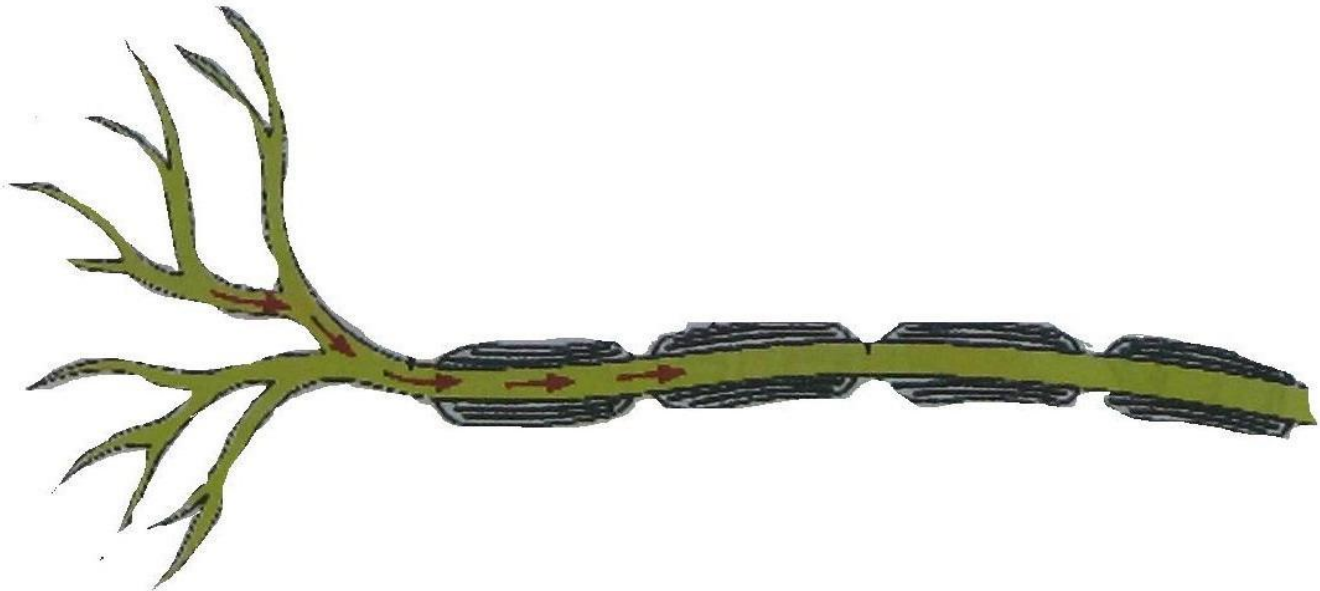




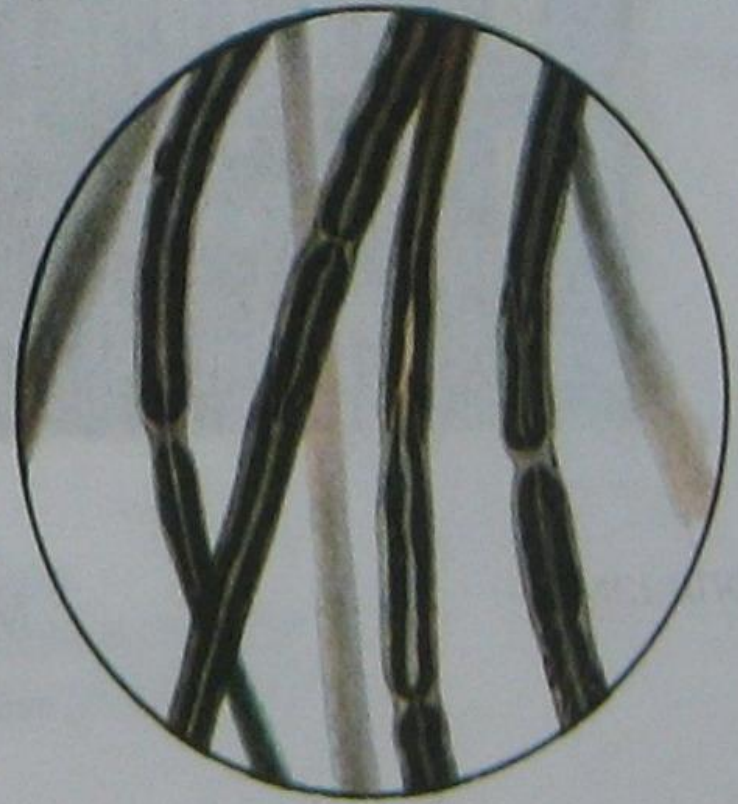
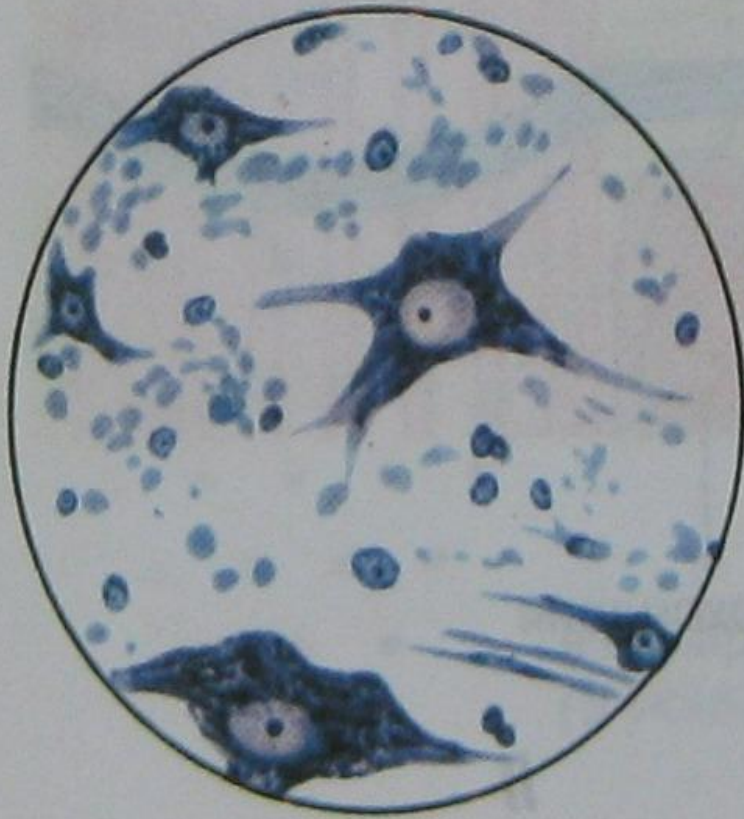
# Классическая рефлекторная дуга состоит из 4 частей:

- 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.



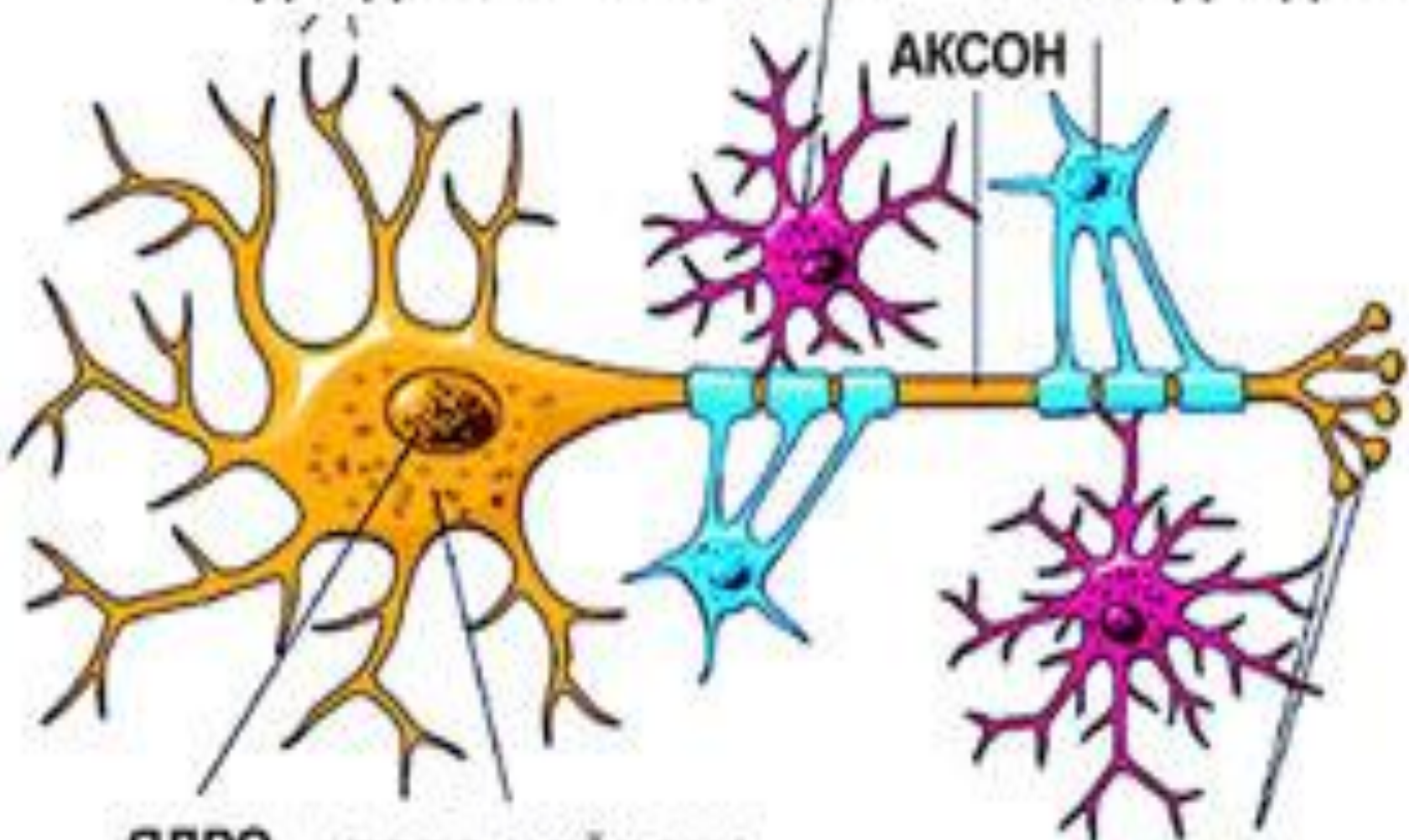
# ***Классификация глиальных клеток:***

Макроглия:

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

Микроглия: глиальные макрофаги.

ДЕНДРИТЫ АСТРОЦИТ ОЛИГОДЕНДРОЦИТ



АКСОН

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.



# Олигодендрциты:

- - 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:

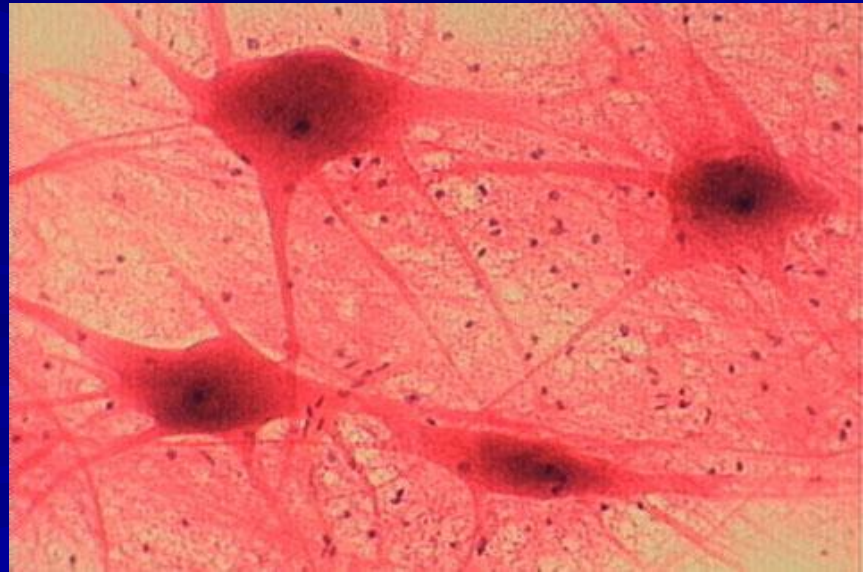
- формирование следов воздействия (память), а значит и условного рефлекса;
- без глиоцитов (блокада антиглиальным гамма-глобулином) меняется электрическая активность нейронов.

# 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.

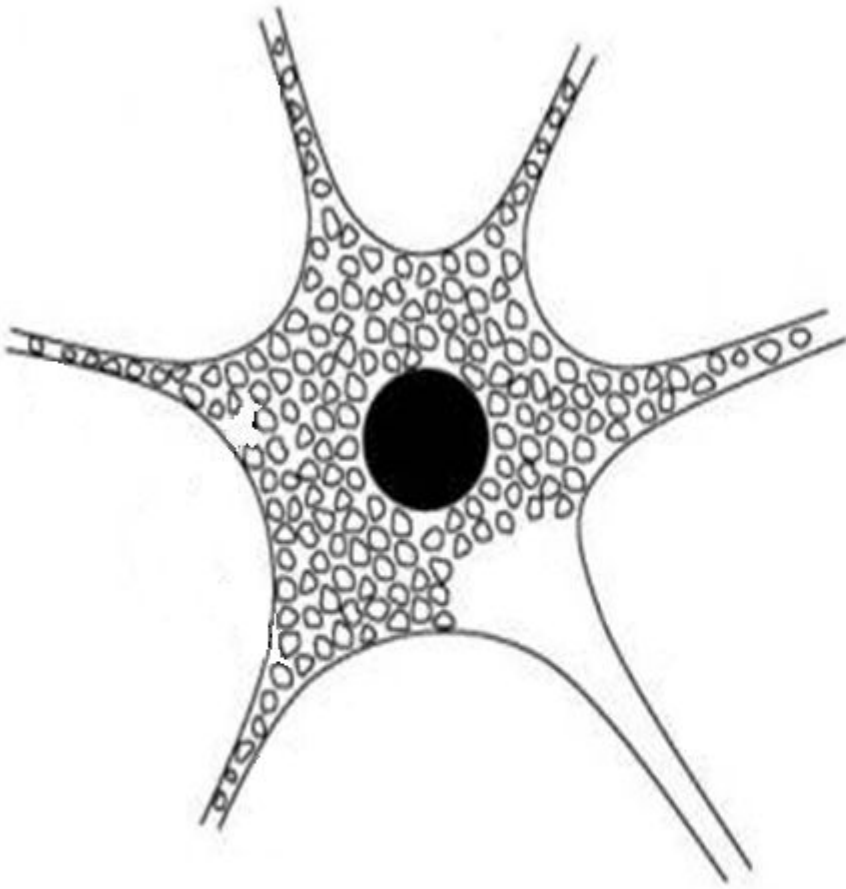


# Классификации нейронов:

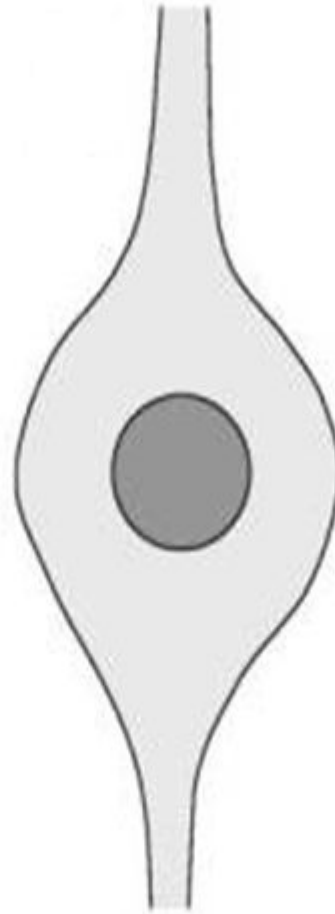


# По характеру отростков:

- 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):

- Аfferентные (сенсорные, чувствительные, рецепторные);
- Вставочные (ассоциативные, интернейроны):
  - возбуждающие;
  - тормозные;
- Эfferентные (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.***

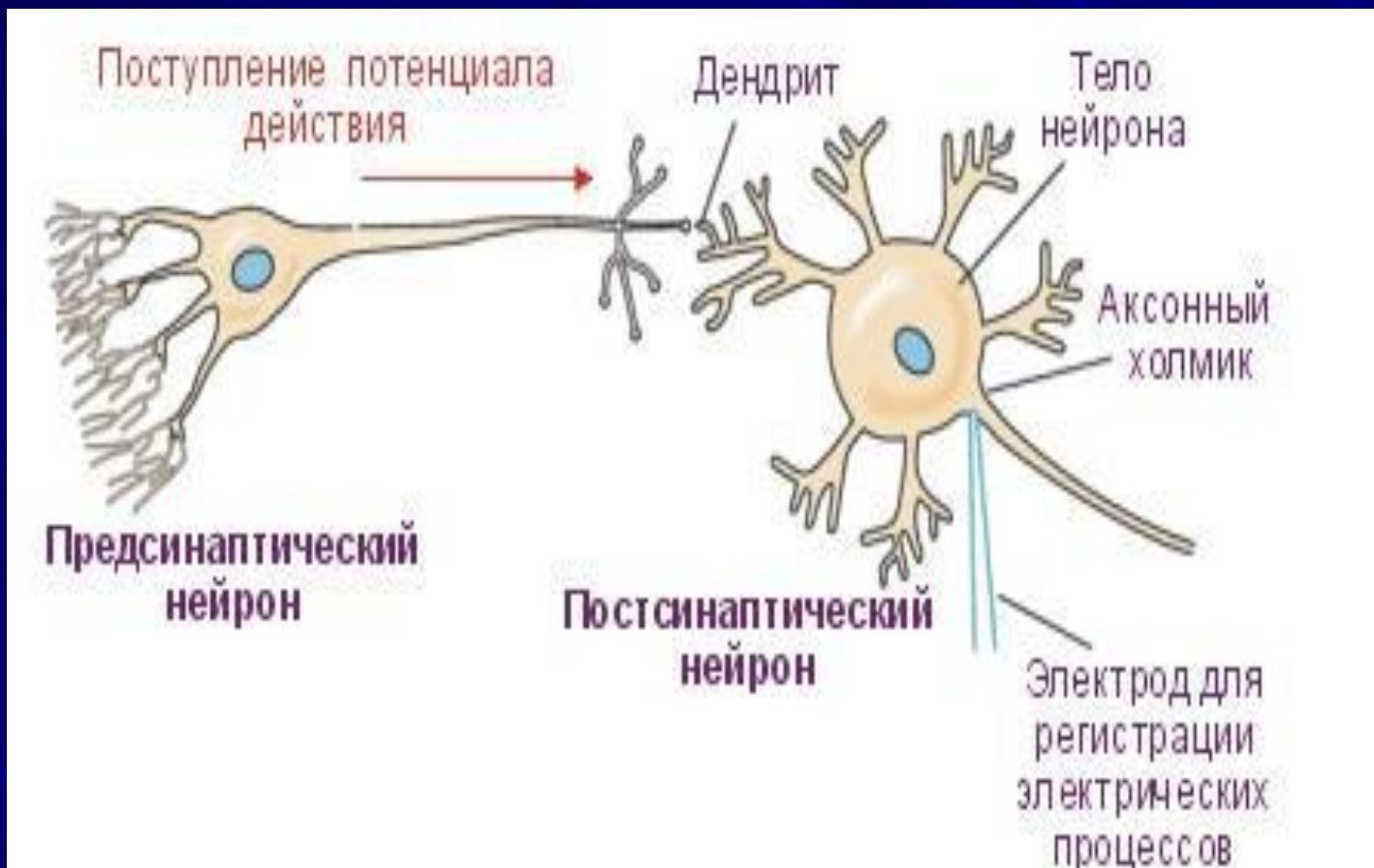
- Составляет 90% всех нейронов. Отростки не покидают пределов ЦНС, но обеспечивают многочисленные связи по горизонтали и вертикали. Потенциал действия возникает в области **аксонного холмика.**

# *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.

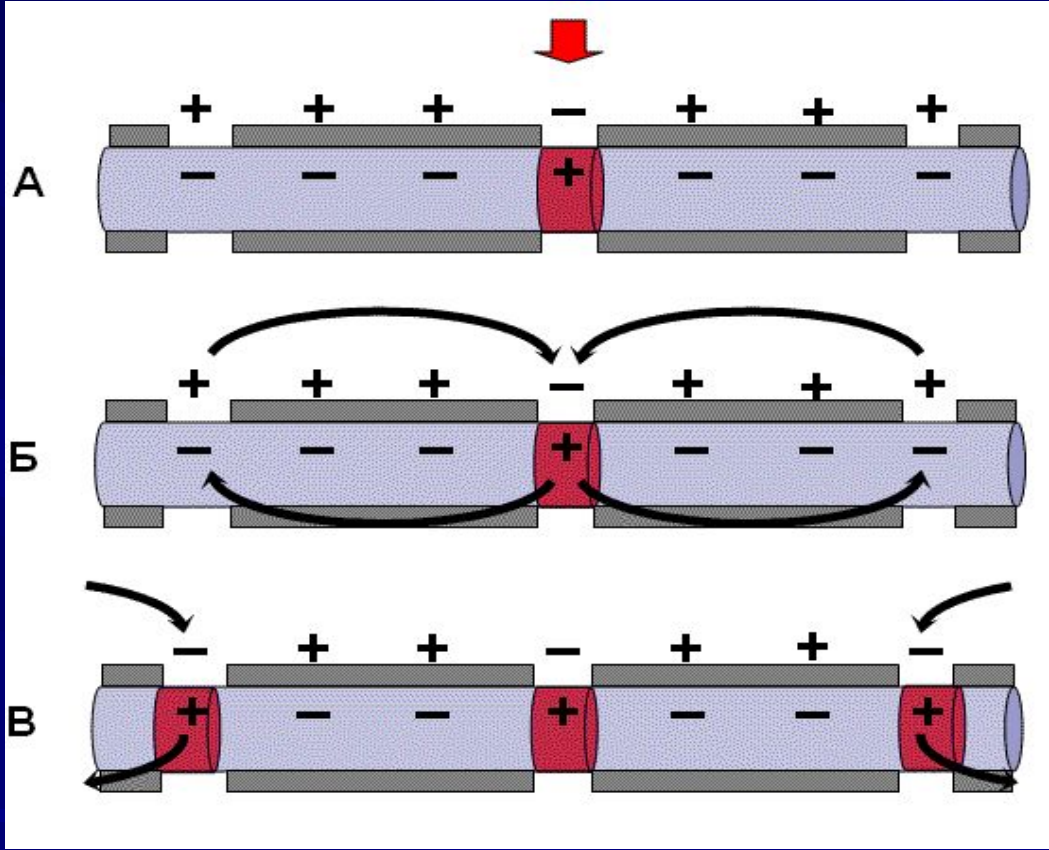
- Если синапс образован аксоном возбуждающего интернейрона, то при действии медиатора на постсинаптической мембране возникает **ВПСП**. Если аксоном тормозной клетки - **ТПСП**.





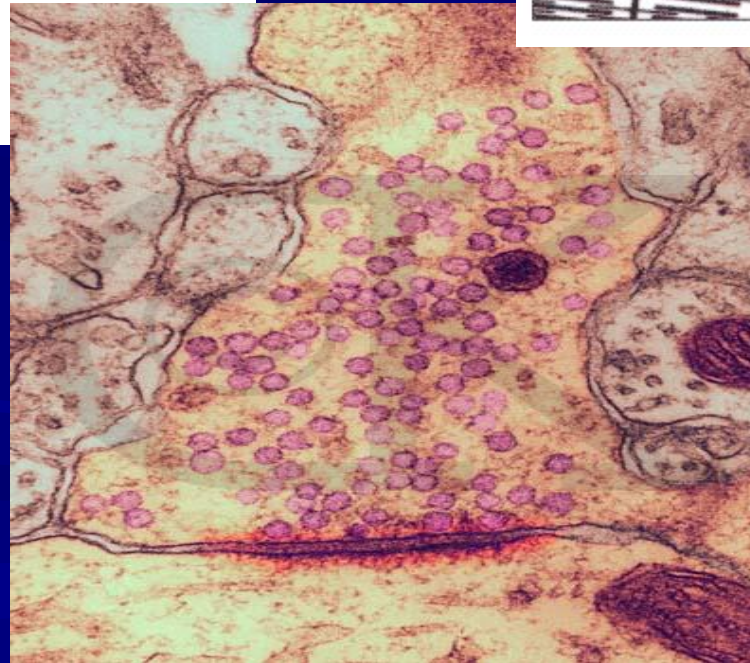
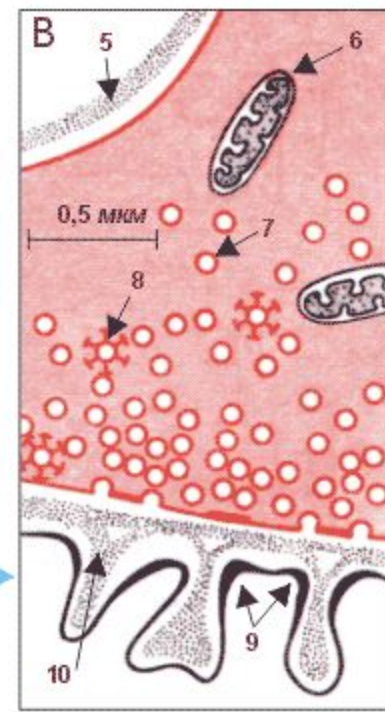
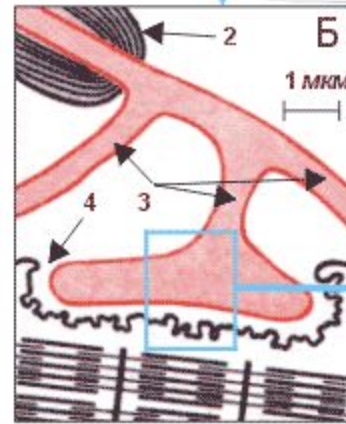
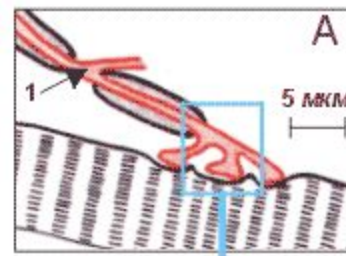
# Проведение возбуждения.

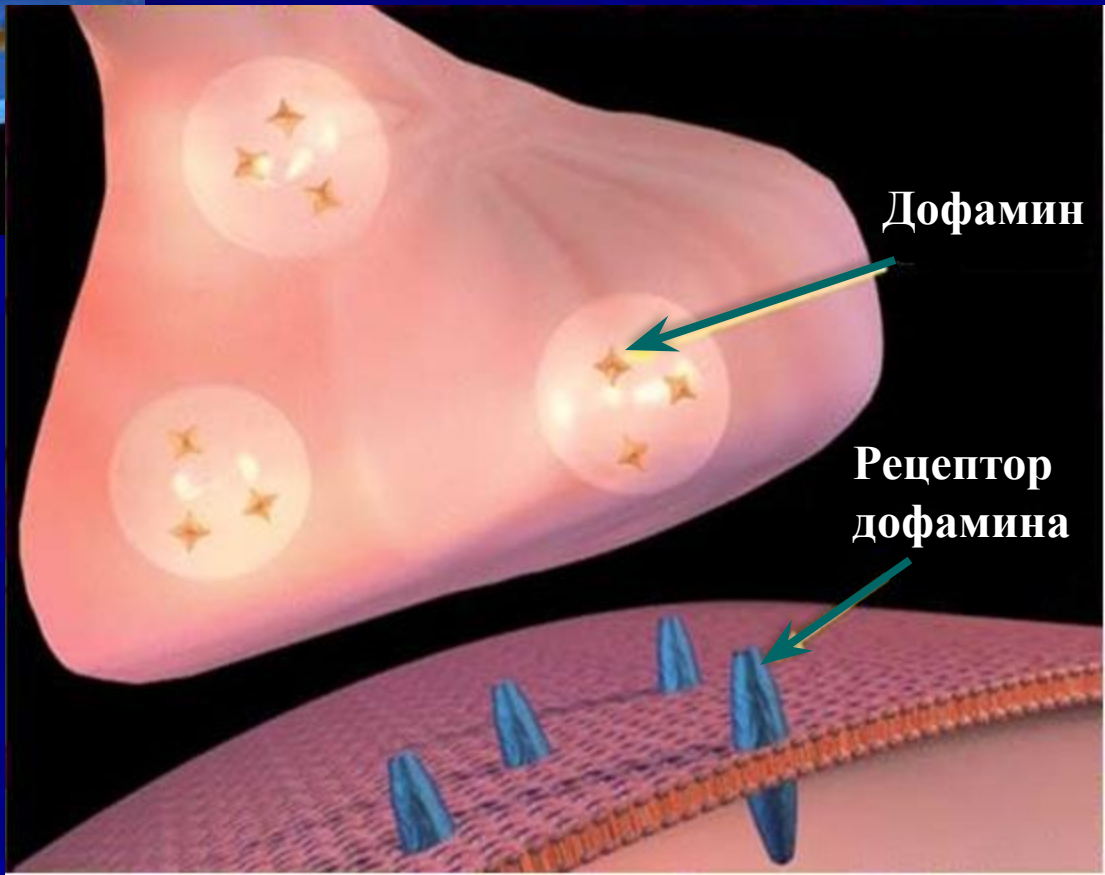
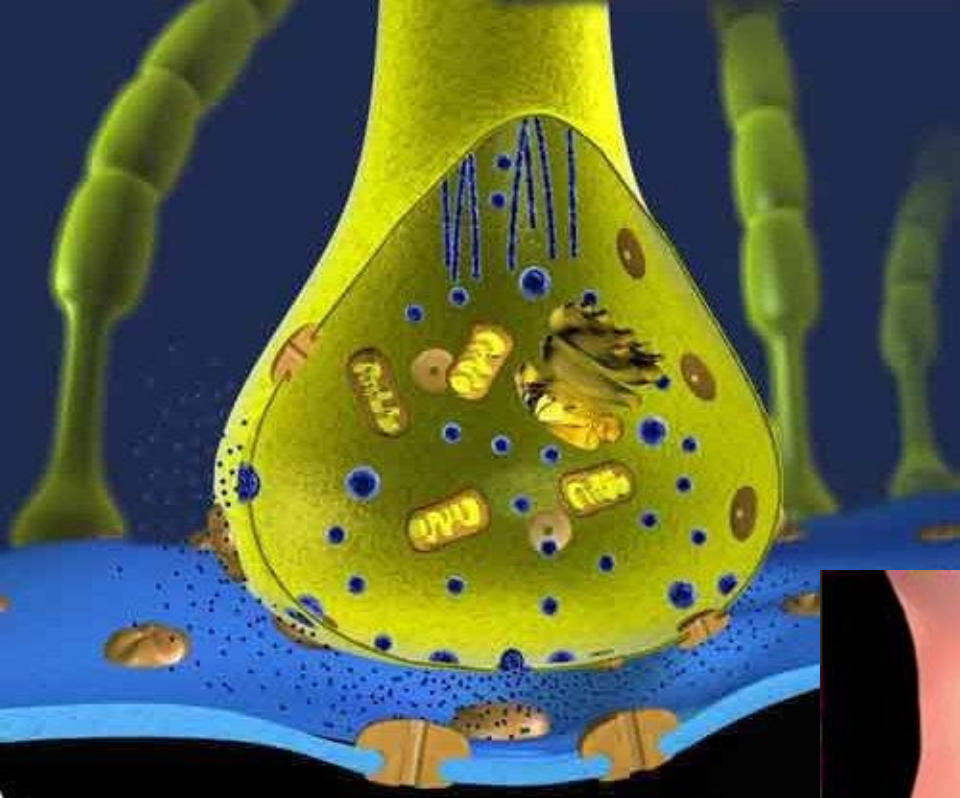
- ПД распространяется за счет местных токов ионов, возникающих между возбужденным и невозбужденным участками мембраны. Так как ПД генерируется без затрат энергии, то **нерв обладает самой низкой утомляемостью.**



# 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;

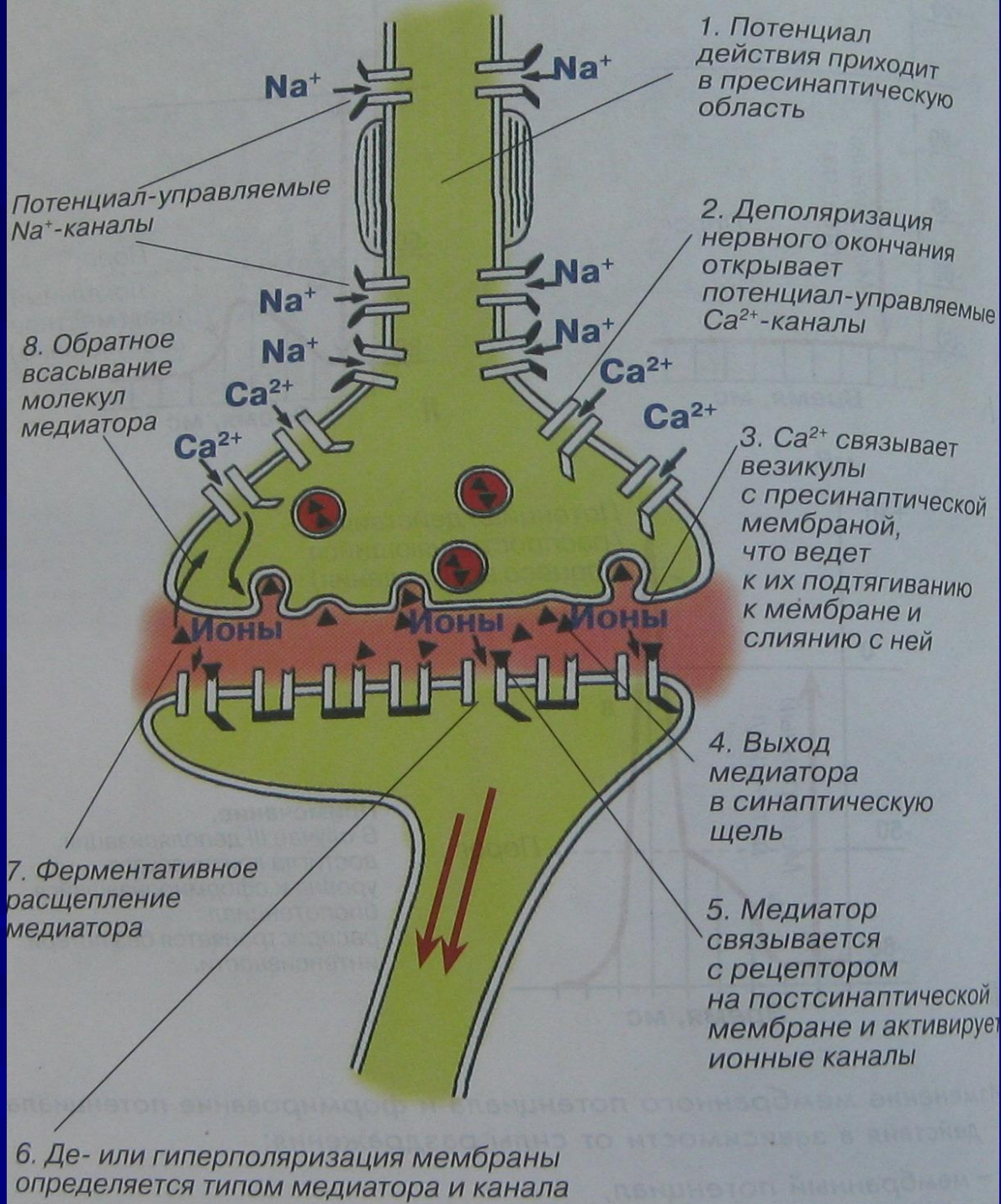
## 2. Синаптическая щель - это непосредственное продолжение межклеточного пространства.

- 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

Возбуждающий или тормозной характер действия медиатора определяется свойствами постсинаптической мембраны.

Медиатором в ЦНС могут быть:

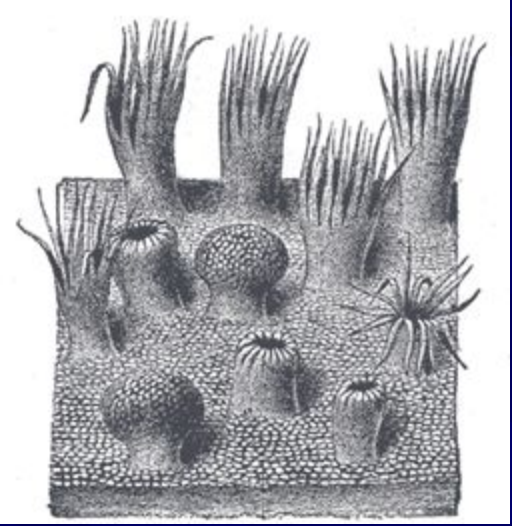
- серотонин (0,5% всех синапсов);
- гистамин;
- АТФ;
- Глицин;
- ГАМК (25-40% синапсов).

Глицин, ГАМК в тормозных синапсах ЦНС.

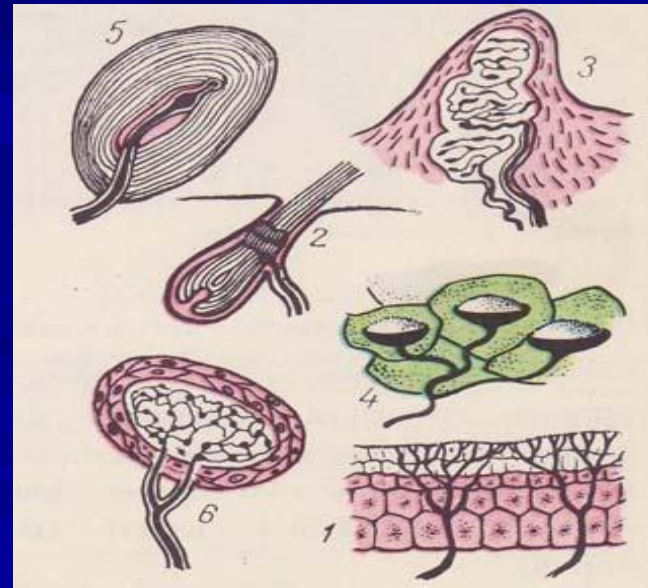


# Свойства синапсов:

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. Менее скорость проведения возбуждения, чем по нерву;
9. Синаптическая задержка (спинной мозг – 0, 5 мс);
10. Низкая лабильность;
11. Высокая чувствительность к химическим веществам, недостатку кислороду.
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:*

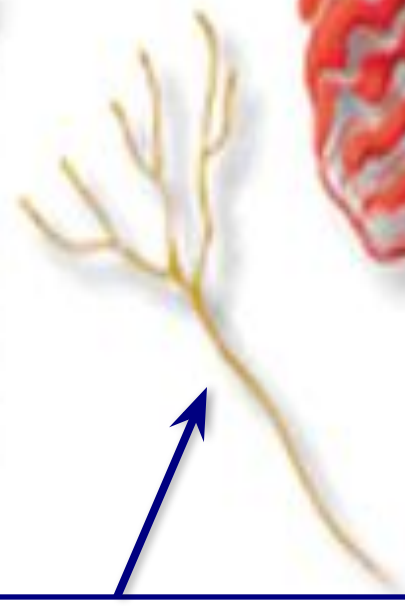
## По модальности адекватных раздражителей (по физической природе раздражителя):

- 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).

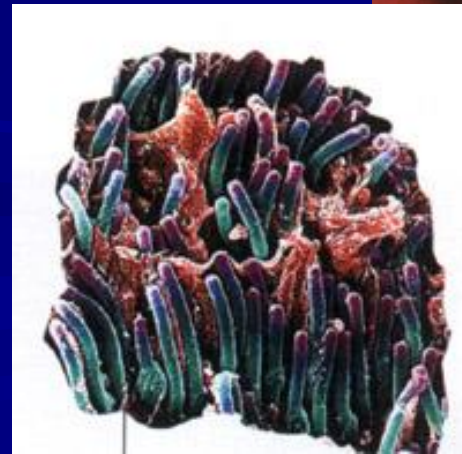
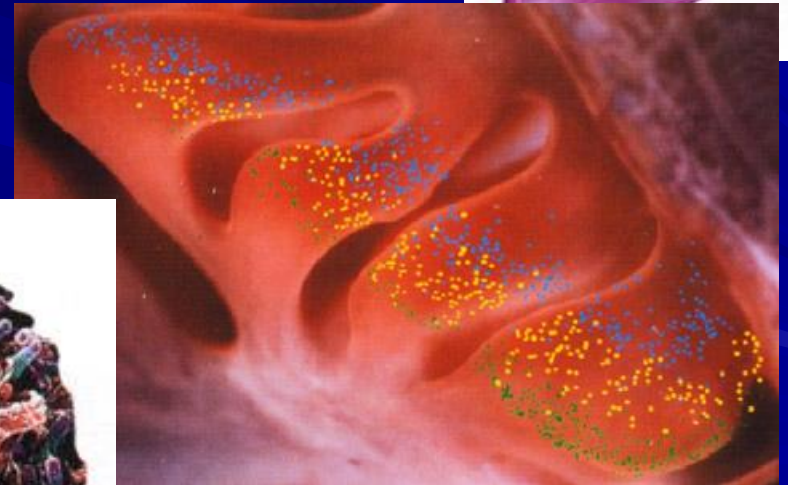
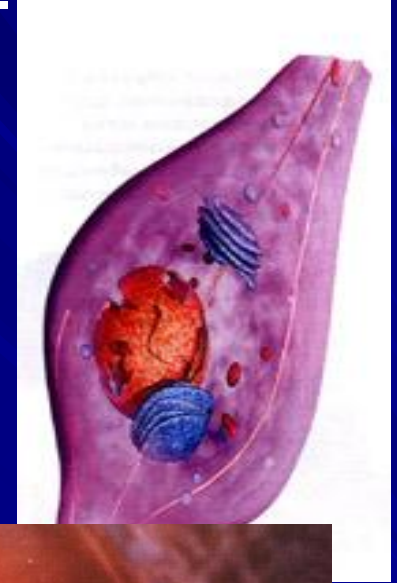


## По степени специфичности:

- ***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;***

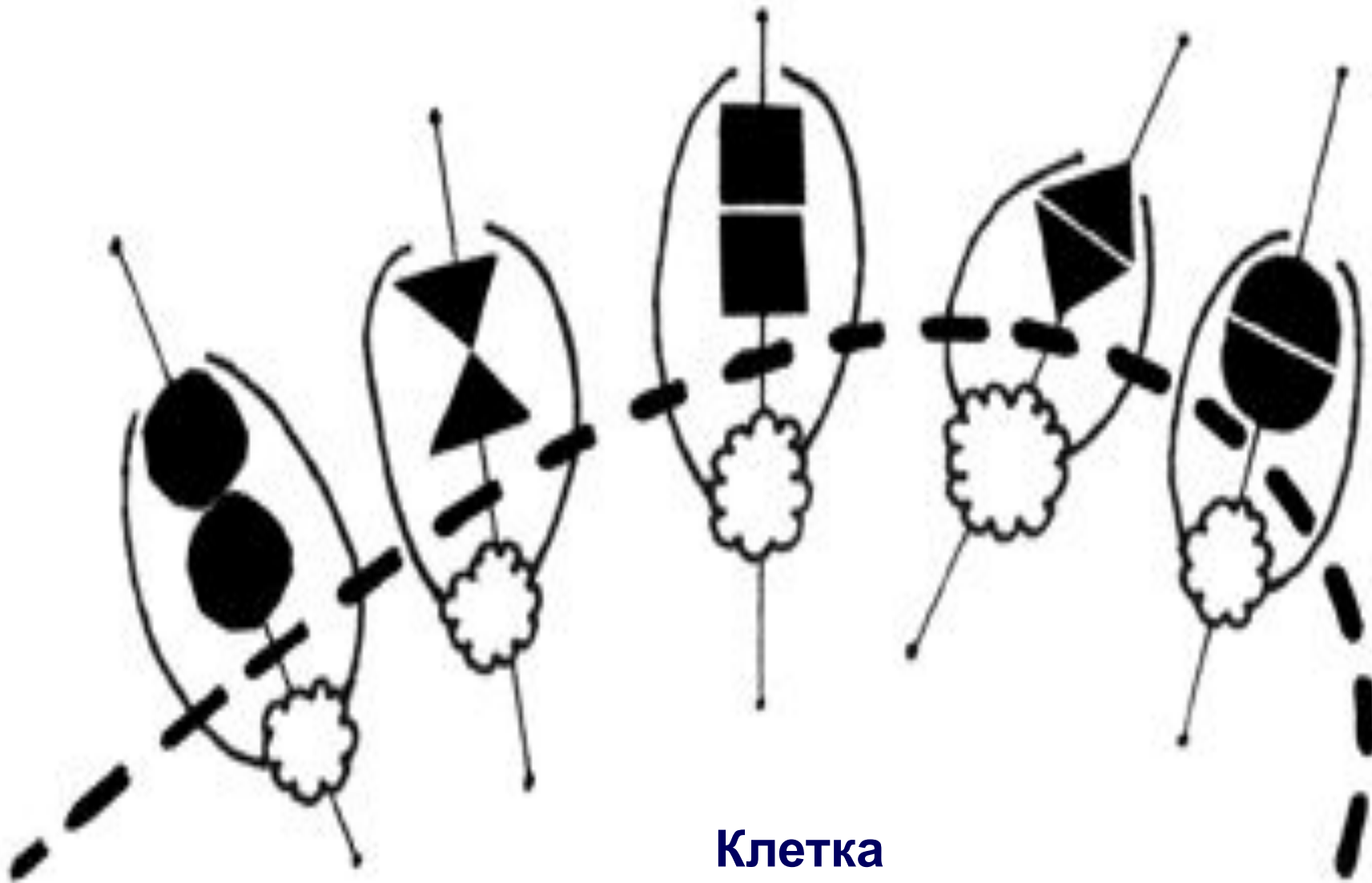
## По характеру ощущений:

- 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.**

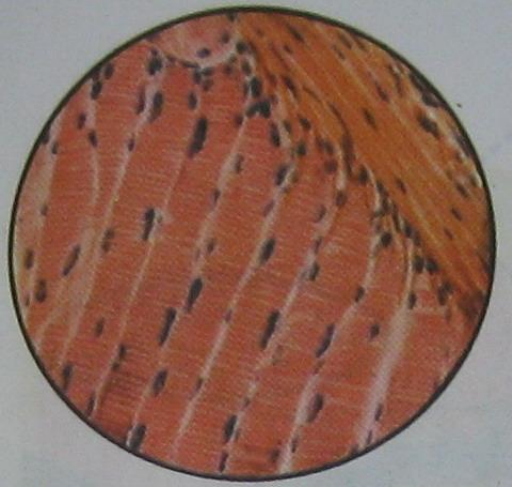
В **первичночувствующем** рецепторе энергия раздражителя действует на нервное окончание сенсорного нейрона и приводит к появлению рецепторного или генераторного потенциала.

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

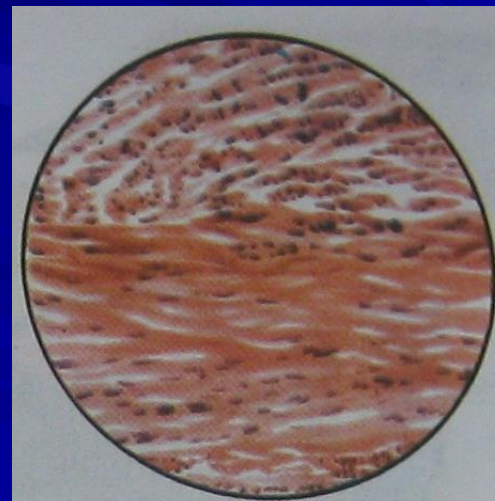
Между величиной стимула и величиной рецепторного потенциала зависимость логарифмическая. Между величиной рецепторного потенциала и частотой ПД – прямая зависимость. Следовательно, между величиной стимула и частотой ПД зависимость логарифмическая.

- 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.**

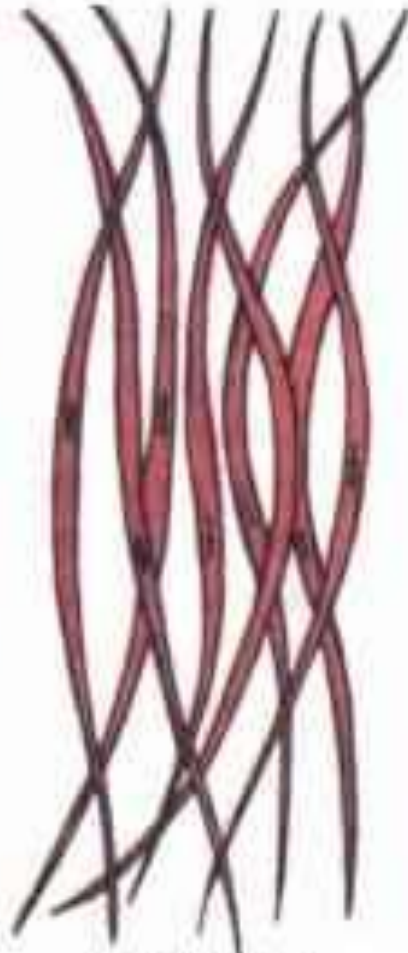
# Виды мышц:

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

## ВИДЫ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ



скелетная



гладкая

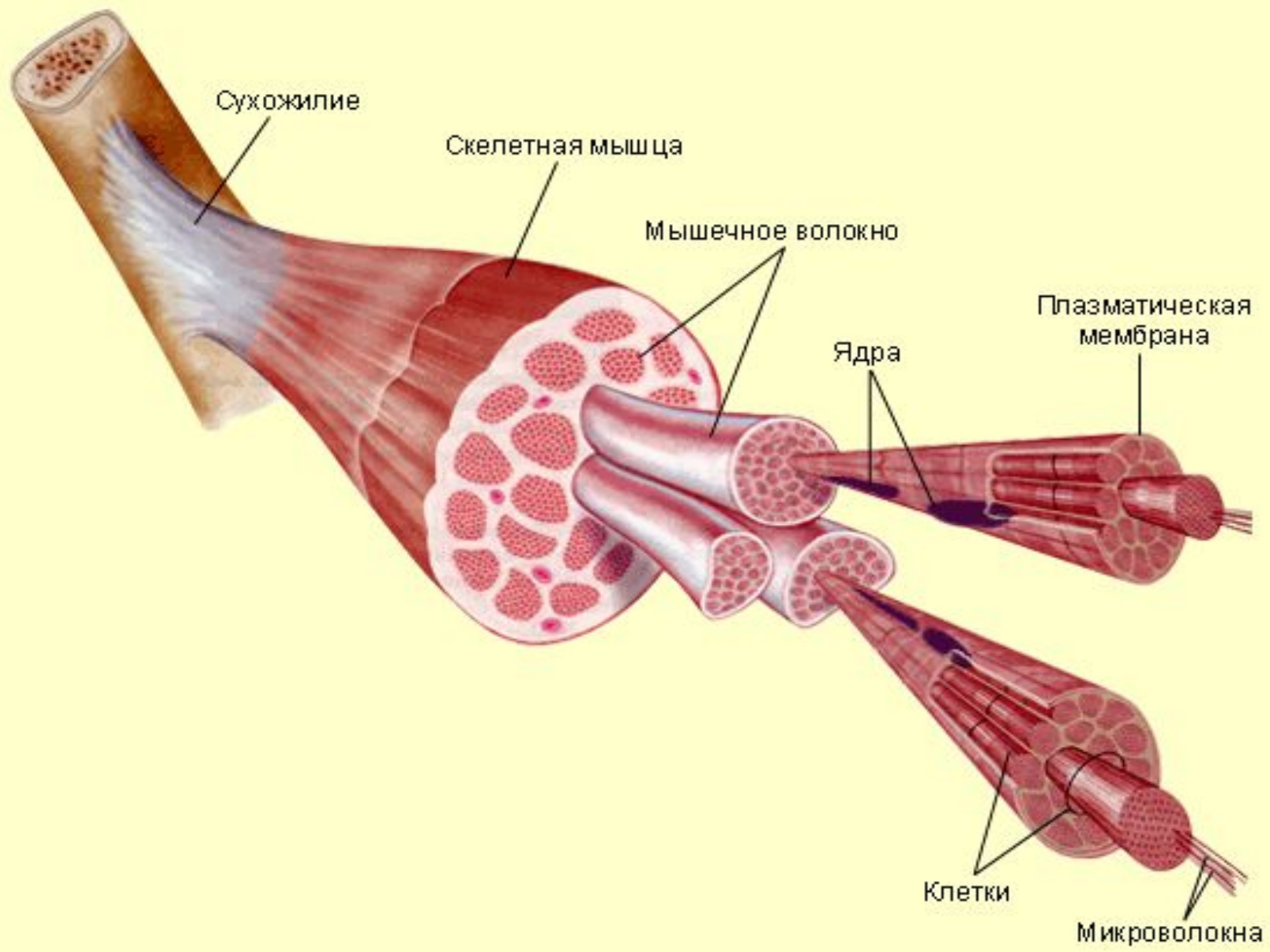


поперечнополосатая  
сердечная

# Физические свойства мышц:

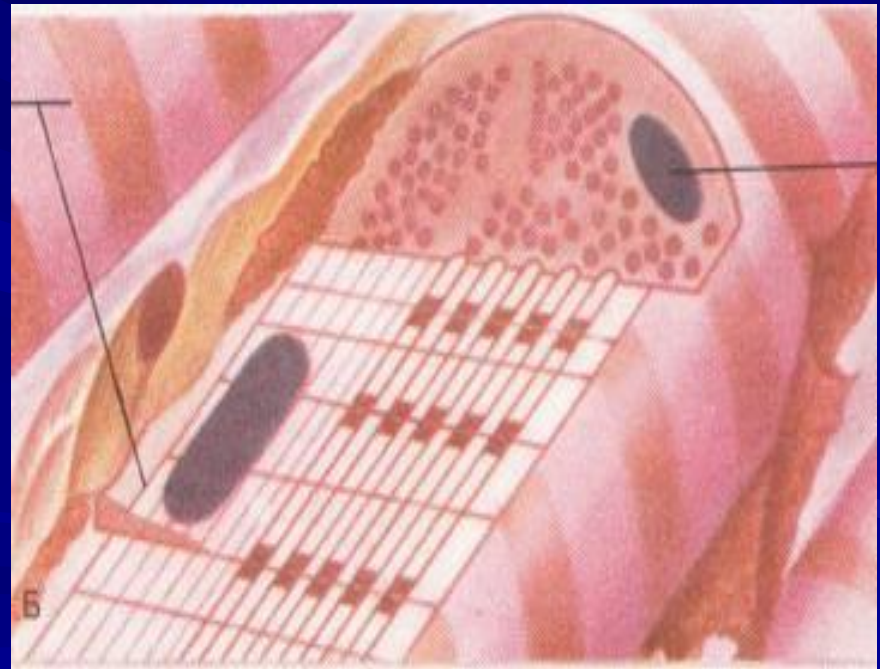
- эластичность и упругость;
- напряжение (тонус);
- пластичность – неупругая эластичность.

# **Физиологические свойства мышц:**



# Свойства скелетной мышцы:

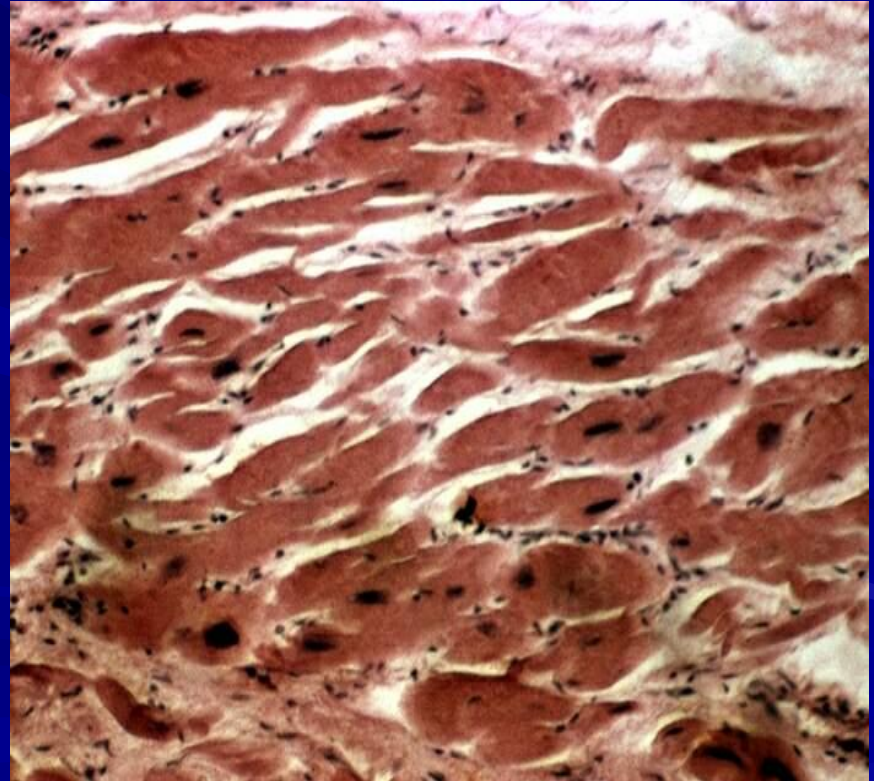
- возбудимость;
- проводимость;
- сократимость;
- эластичность;





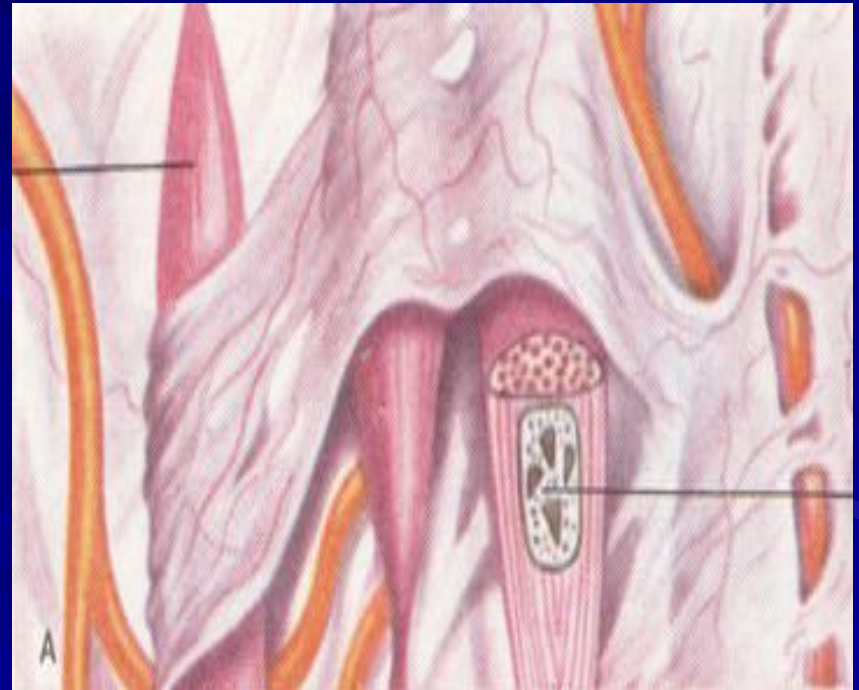
# Свойства сердечной мышцы:

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



# Свойства гладкой мышцы:

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



# *Понятие о нейромоторной единице или двигательной единицей (ДЕ).*

## **Нейро-моторная единица -**

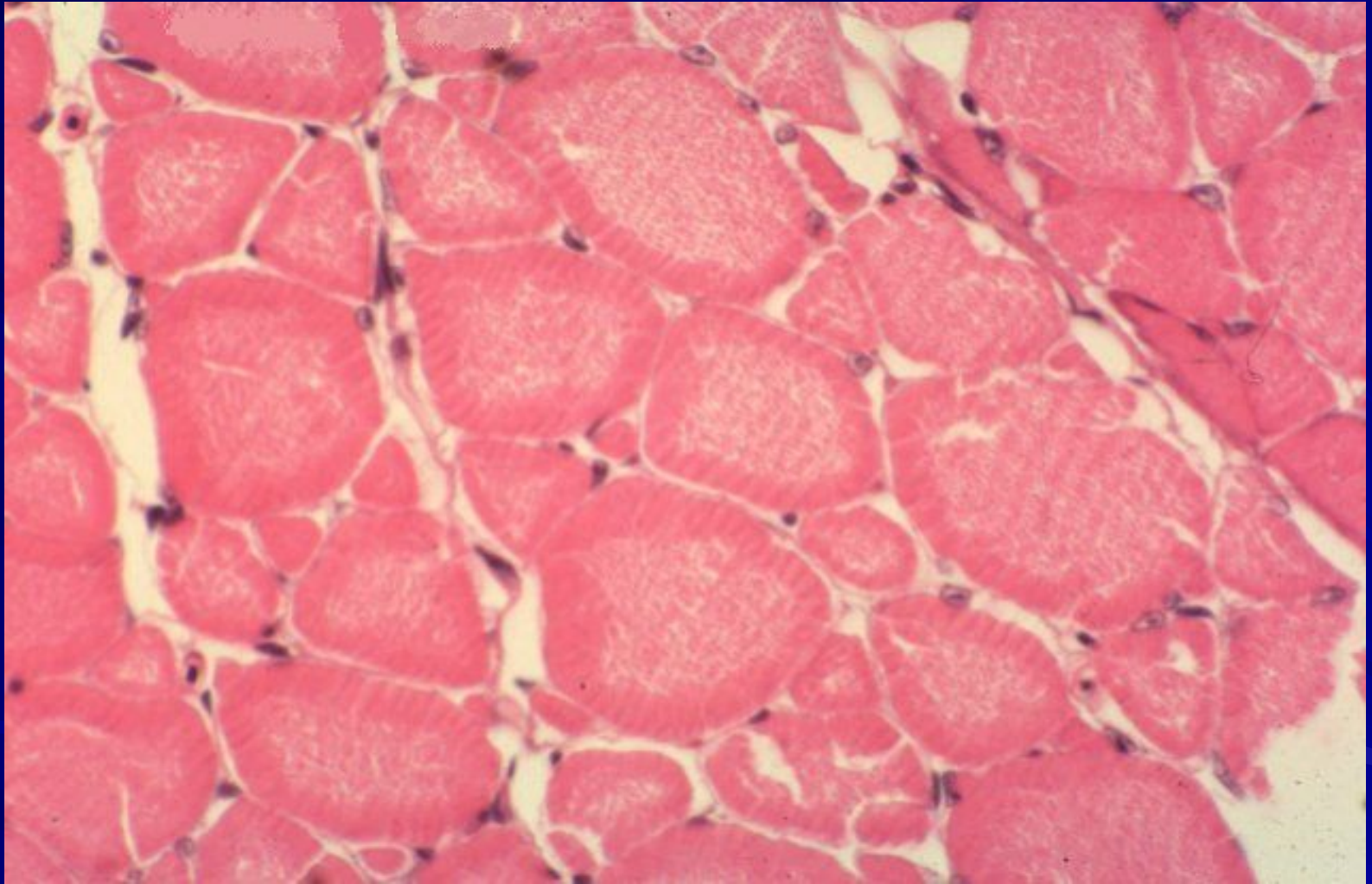
морфологический комплекс, состоящий из двигательного нейрона и иннервируемых им группы мышечных волокон.

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

# **Классификация мышечных волокон.**

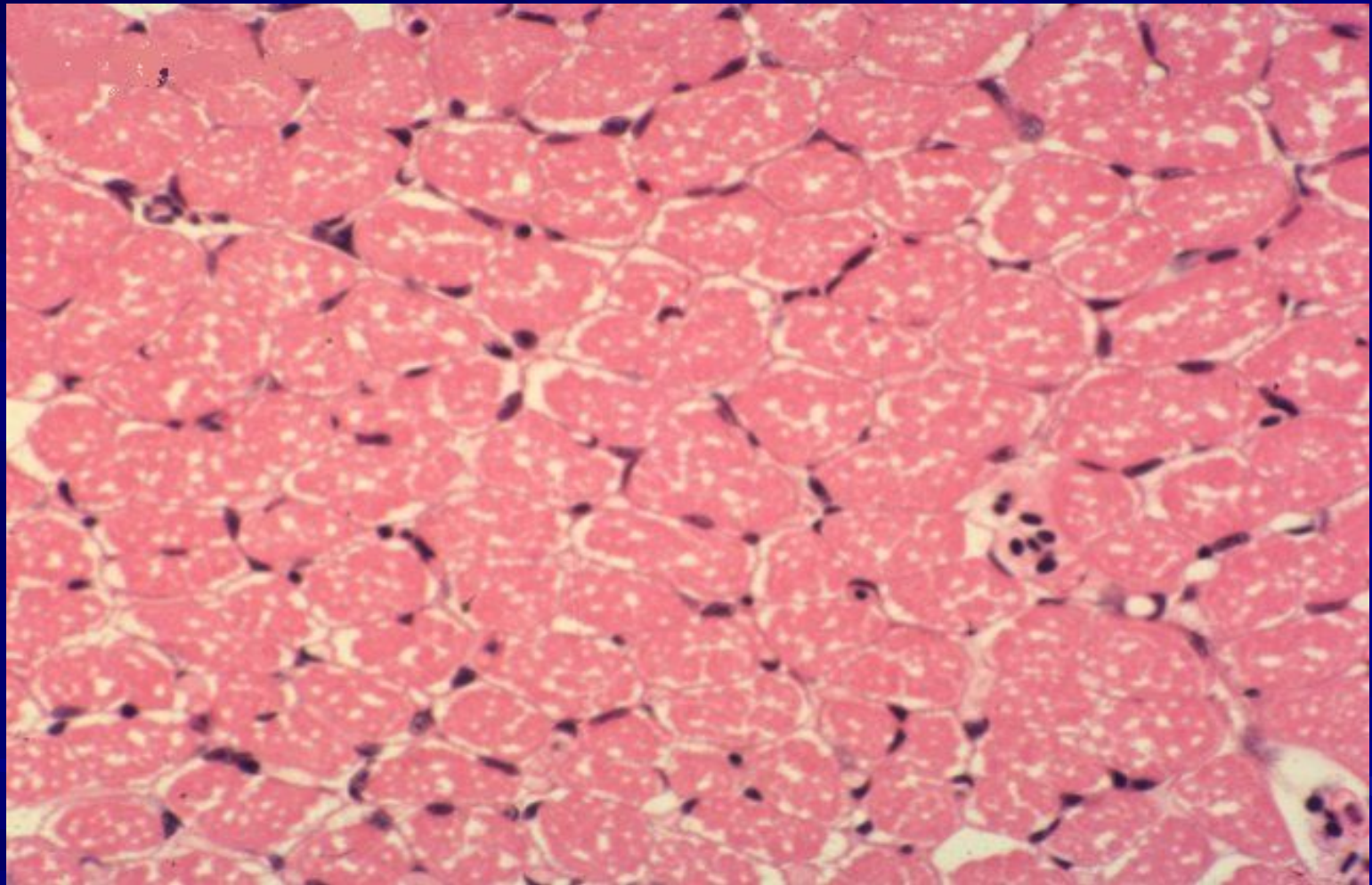
## Быстрые (фазные):

- 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:

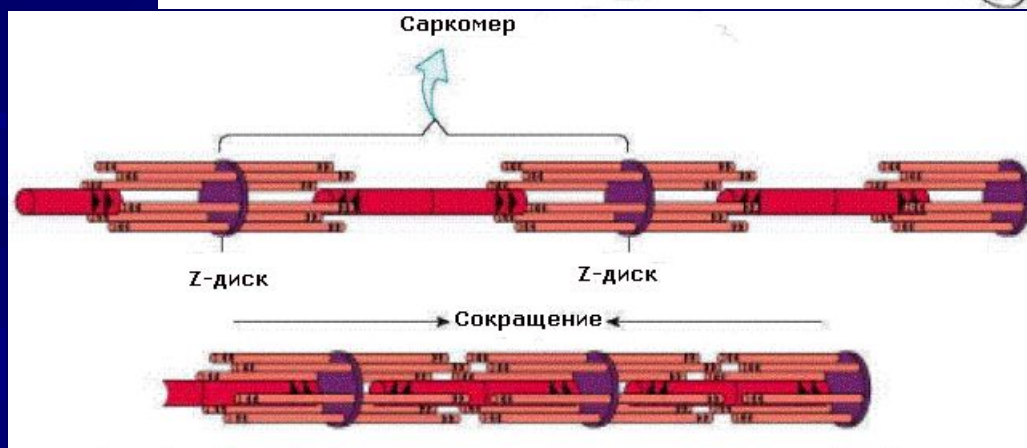
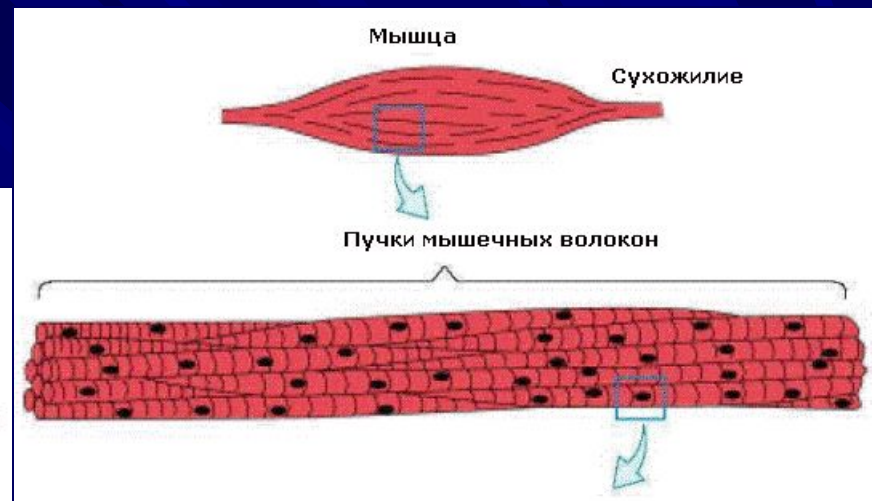
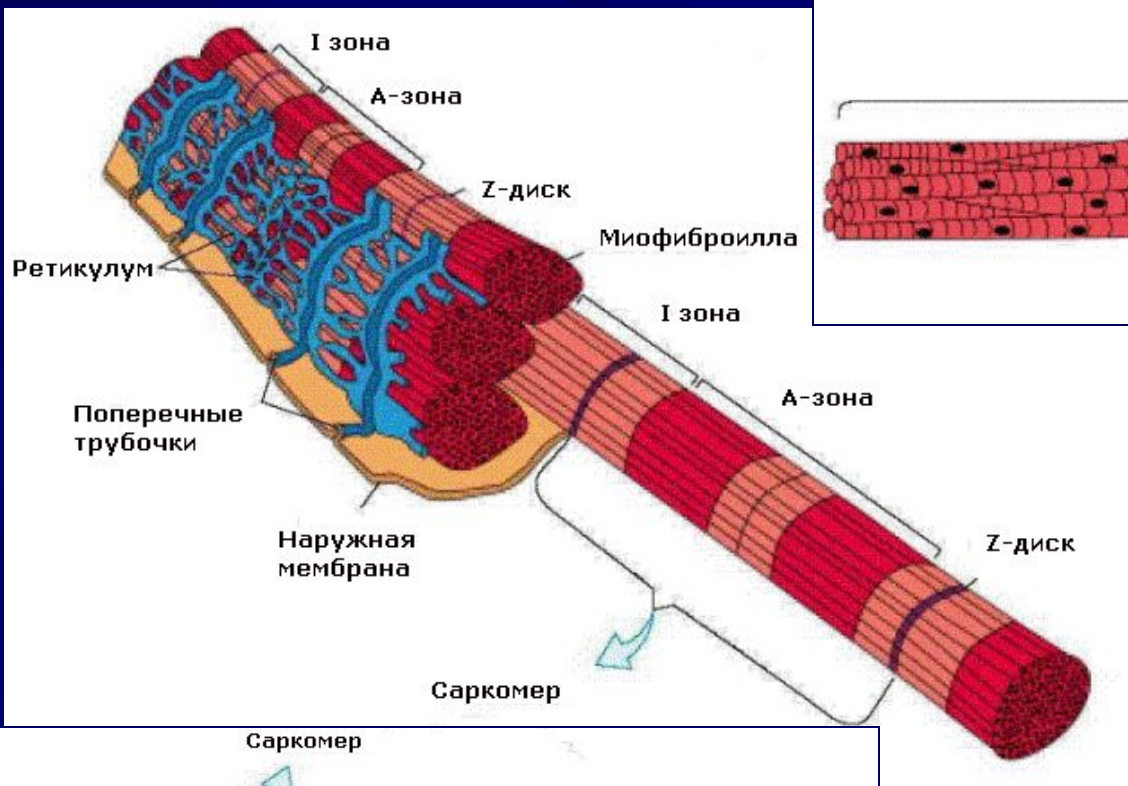
- **Изотонический** – напряжение остается постоянным, длина мышцы уменьшается;
- **Изометрический** – увеличение напряжения при постоянной длине мышечного волокна;
- **Ауксотонический** – физиологический режим сокращения, при котором длина уменьшается, напряжение увеличивается.

# Одиночное мышечное сокращение.

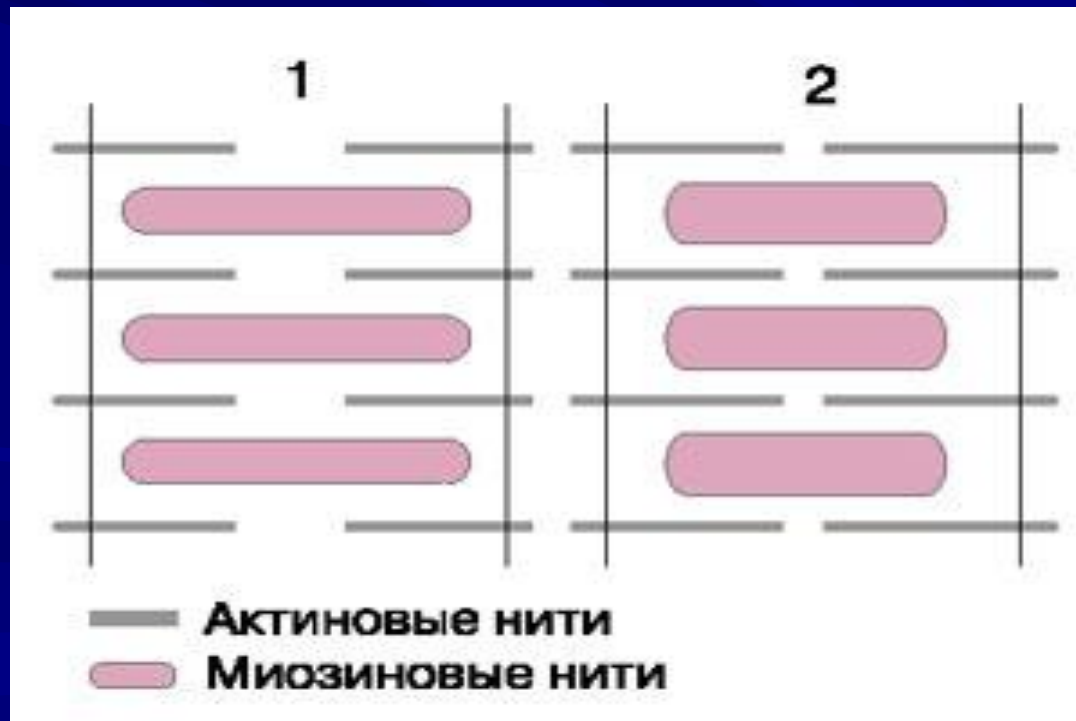
- *Латентный период* – необходим для активации мембраны и внутриклеточных структур.
- Фаза *сокращения* мышцы.
- Фаза *расслабления*.

- 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*



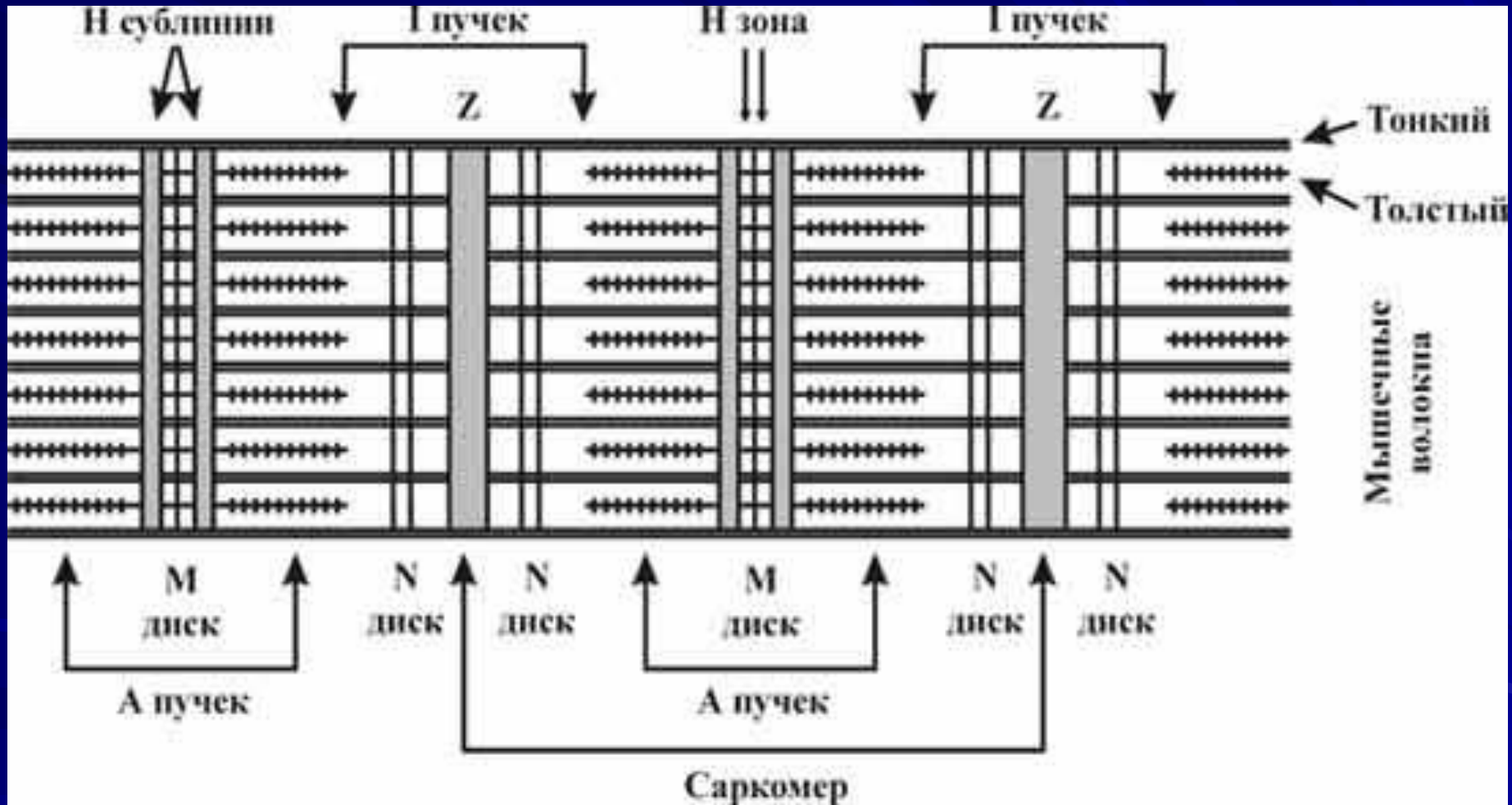
**Актин и миозин - сократительных белков. Они образуют в мышечных волокнах тонкие и толстые нити, которые собраны в пучки диаметром 1 мкм.**



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



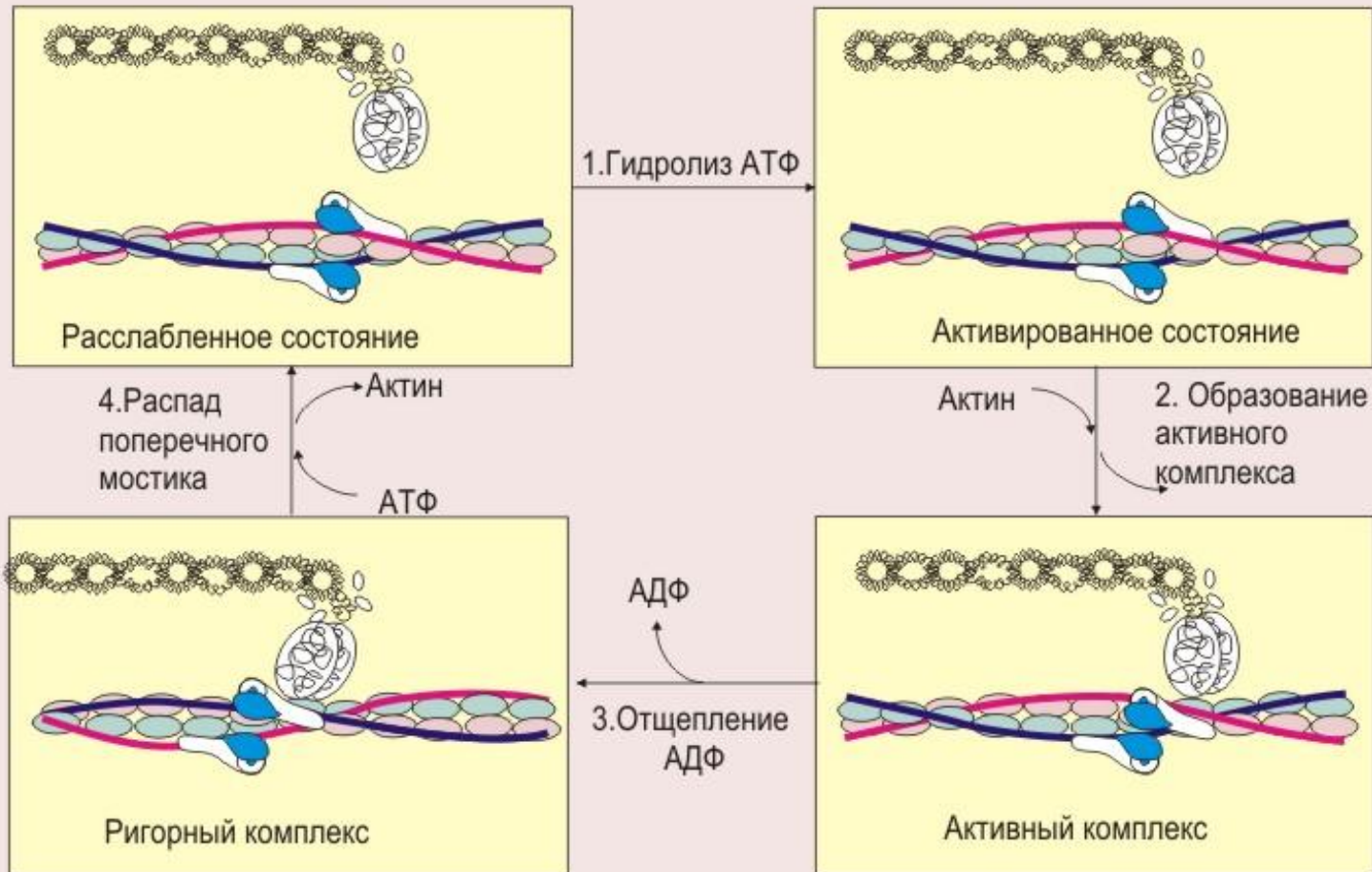
# Структура саркомера.



# 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.