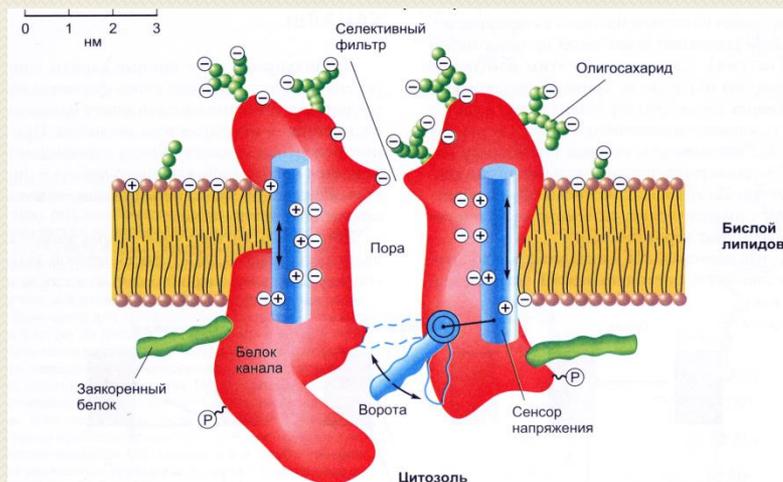


Гомельский государственный медицинский
университет
Кафедра нормальной и патологической
физиологии

Физиология возбудимых тканей



ЛЕКЦИЯ 1

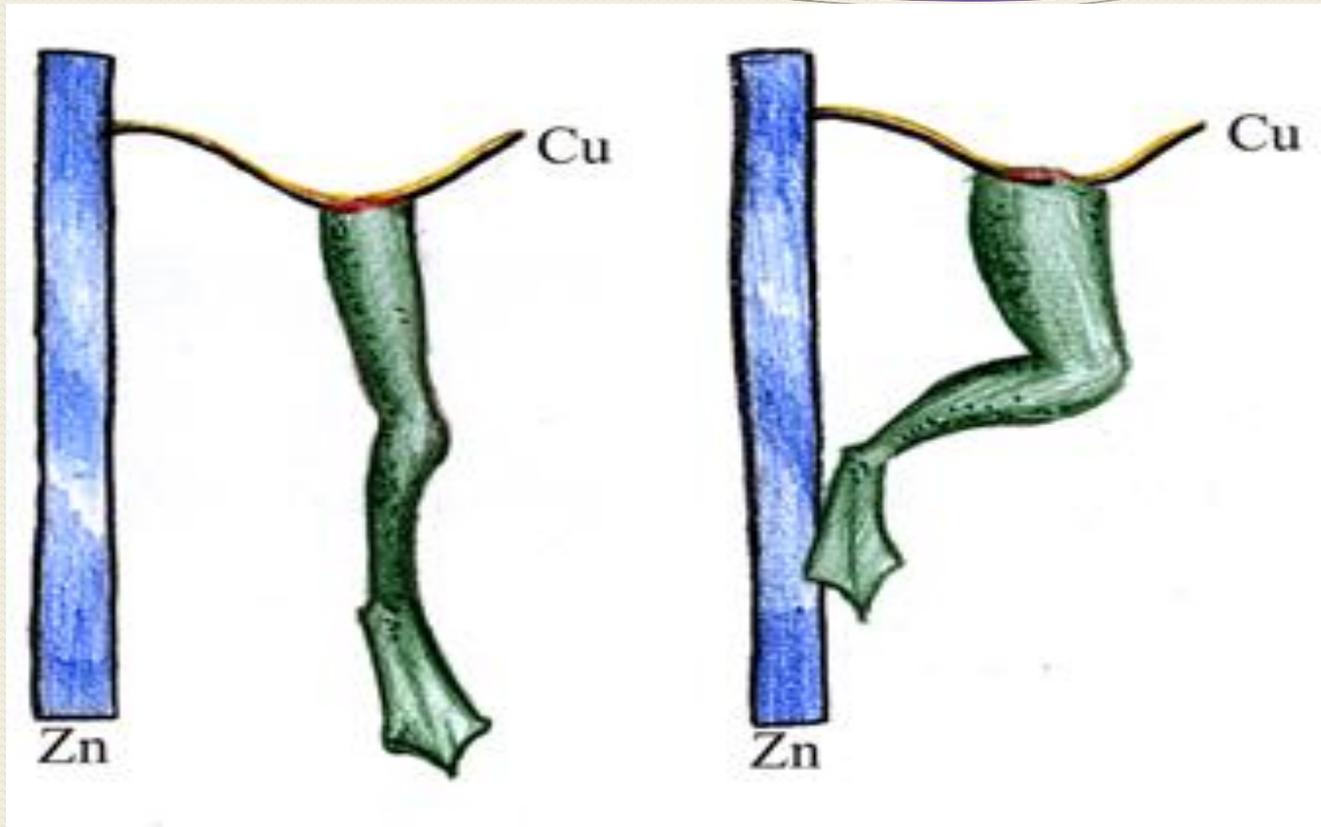
для студентов 2 курса

профессор кафедры
доктор биологических
наук, доцент **В.А.Мельник**

План лекции:

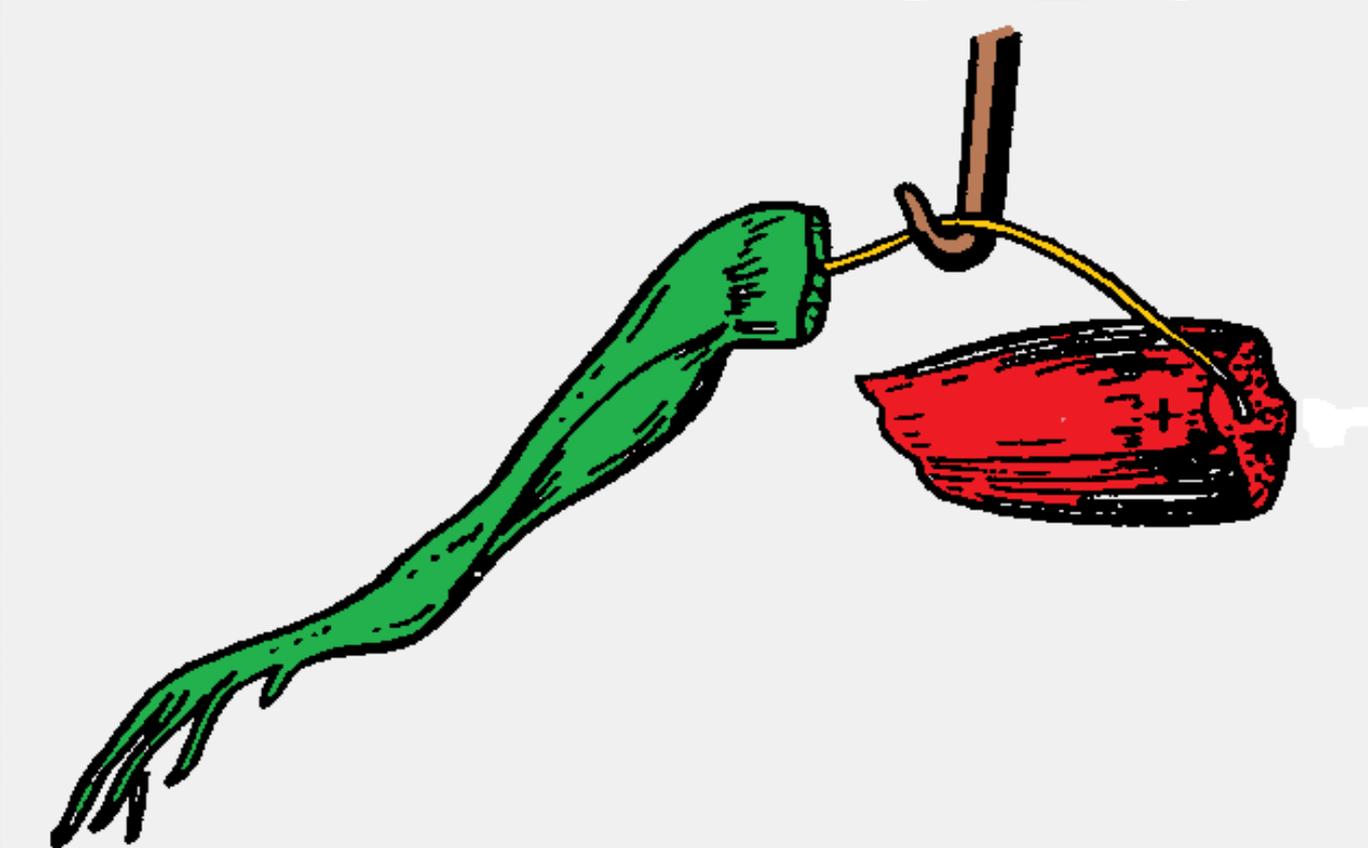
- 1. Общие свойства возбудимых тканей. Понятие о раздражимости и возбудимости как основе реагирования тканей на раздражение.*
- 2. Строение и основные свойства клеточных мембран и ионных каналов.*
- 3. Мембранный потенциал покоя и его происхождение. Потенциал действия и механизм его происхождения. Соотношение фаз возбудимости с фазами потенциала действия.*
- 4. Законы раздражения возбудимых тканей. Лабильность.*
- 5. Физиология нервного волокна. Механизмы проведения нервного импульса в миелиновых и безмиелиновых волокнах. Законы проведения возбуждения по нервам. Парабриоз.*
- 6. Синапс: строение, свойства, классификация. Механизм передачи возбуждения в синапсах.*
- 7. Рецепторы, их функции, классификация. Преобразование энергии раздражителя.*

Первый опыт Гальвани



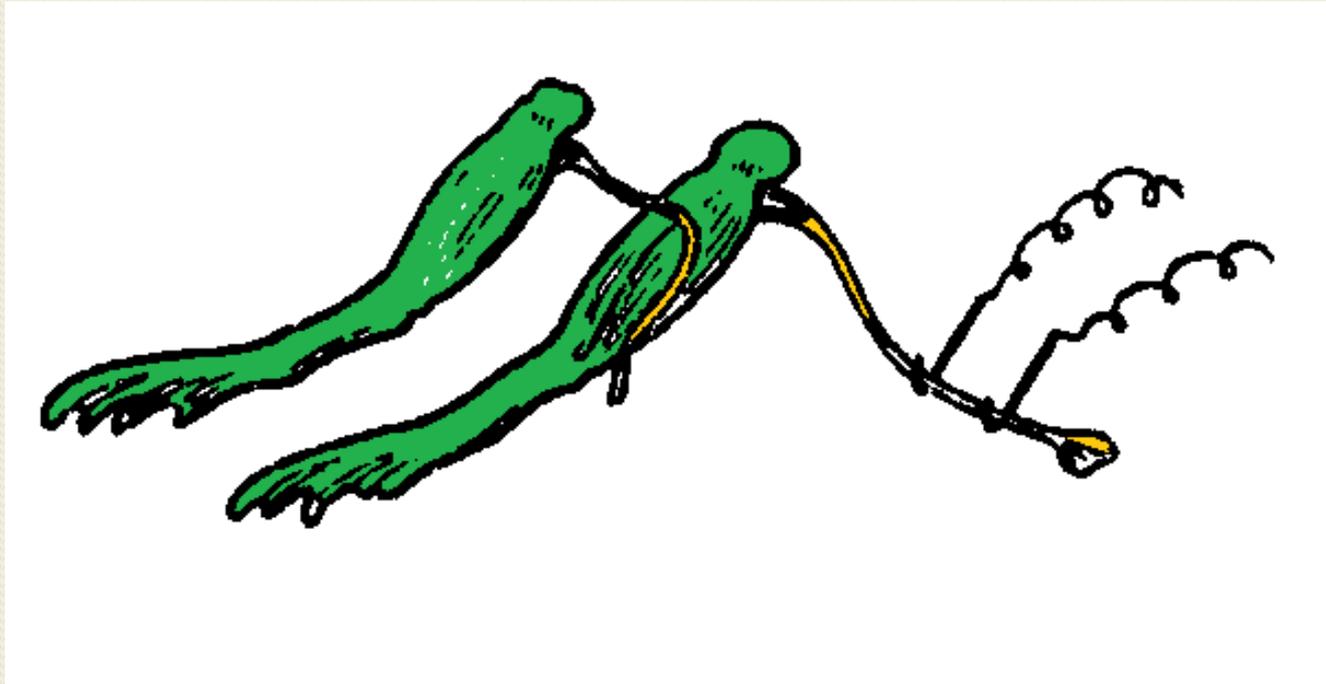
Если к нервно-мышечному препарату лягушки приложить две соединенные между собой пластинки из различных металлов, например медь—цинк, таким образом, чтобы одна пластинка касалась мышцы, а другая — нерва, то мышца будет сокращаться (*первый опыт Гальвани*).

Второй опыт Гальвани



Если набрасывать на мышцу дистальный отрезок нерва, который иннервирует эту мышцу, при этом мышца также сокращалась (*второй опыт Гальвани, или опыт без металла*).

Опыт Маттеуччи



Опыт «вторичного тетануса» Маттеуччи: один нервно-мышечный препарат возбуждался током, а биотоки сокращающейся мышцы раздражал нерв второго нервно-мышечного препарата.

1. Общие свойства возбудимых тканей. Понятие о раздражимости и возбудимости как основе реагирования тканей на раздражение.

Общие свойства возбудимых тканей

- 1. Раздражимость**
- 2. Возбудимость**
- 3. Проводимость**
- 4. Лабильность**

1. Раздражимость - это универсальное свойство живых клеток отвечать на действие раздражителей изменением процессов их жизнедеятельности, а именно: изменением обмена веществ, теплообразования, роста и размножения клетки.

Раздражитель - это фактор внешней или внутренней среды, который действует достаточно сильно, долго и нарастает с достаточной скоростью.

Классификация раздражителей.

1. По модальности, т.е. по характеру энергии, свойственной раздражителю:

- ✓ *химические* (кислоты, щелочи),
- ✓ *осмотические*,
- ✓ *физические* (тепловые, электрические, световые, звуковые, словесные),
- ✓ *биологические* (медиаторы, гормоны, микробы);

Классификация раздражителей.

2. По адекватности:

✓ ***Адекватные*** - это раздражители, которые действуют на данную структуру в естественных условиях и, к восприятию которых она специально приспособлена и чувствительность к ним чрезвычайно велика (например, свет для сетчатки глаза).

✓ ***Неадекватные*** раздражители - это те раздражители, для восприятия которых данная клетка или орган специально не приспособлены (удар в глаз).

Классификация раздражителей.

3. По силе действия:

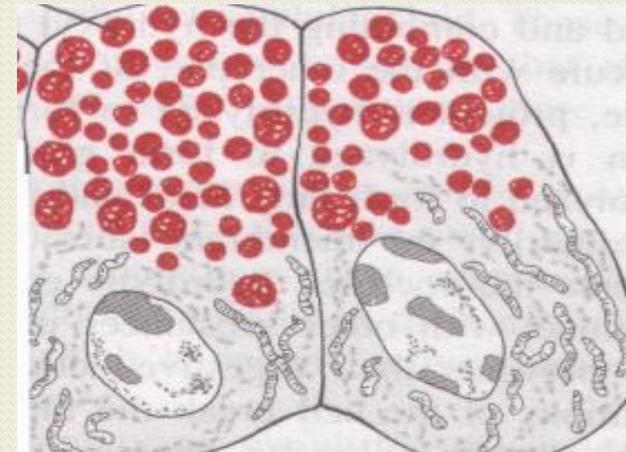
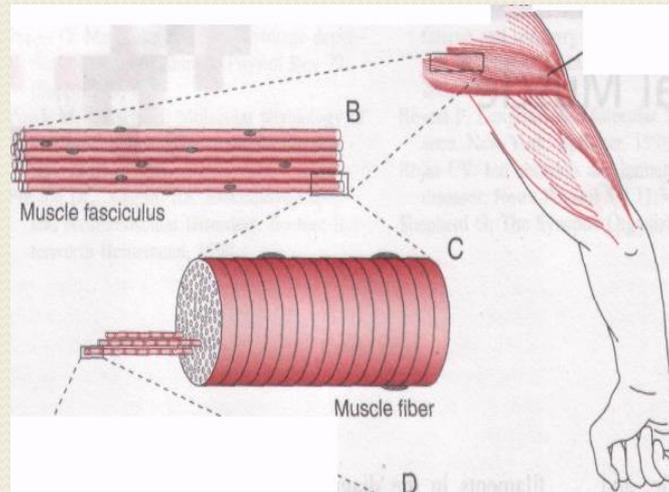
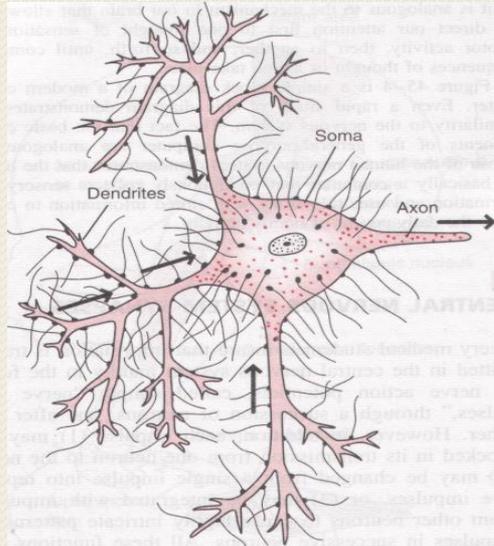
- **Подпороговые**
- **Пороговые**
- **Надпороговые.**

Возбудимость — это свойство **высокоспециализированных клеток** отвечать на действие раздражителя **возбуждением**.

Все ткани реагируют на раздражители, однако условно их делят на возбудимые и невозбудимые. К возбудимым относят **нервные, мышечные и некоторые секреторные клетки**.

Возбуждение — ответ ткани на ее раздражение, проявляющийся в специфической для нее функции (*проведение возбуждения нервной тканью, сокращение мышцы, секреция железы*) и неспецифических реакциях (*генерация потенциала действия, метаболические изменения*).

Возбудимость в эволюции клеток развилась из свойства раздражимости, присущей всем живым клеткам, и является **частным случаем раздражимости**.



3. Проводимость — способность локального изменения свойств мембраны, возникшего в области действия раздражителя и распространения по протяженности мембраны вплоть до охвата возбуждением всей мембраны клетки.

4. Лабильность — способность ткани ответить на определенное количество стимулов в единицу времени.



2. Строение и основные свойства клеточных мембран и ионных каналов

Функции биологических мембран :

- *Барьерная.*
- *Регуляторная.*
- *Преобразование энергии раздражителя в электрические сигналы (в рецепторах).*
- *Высвобождение нейромедиаторов в синаптических окончаниях.*

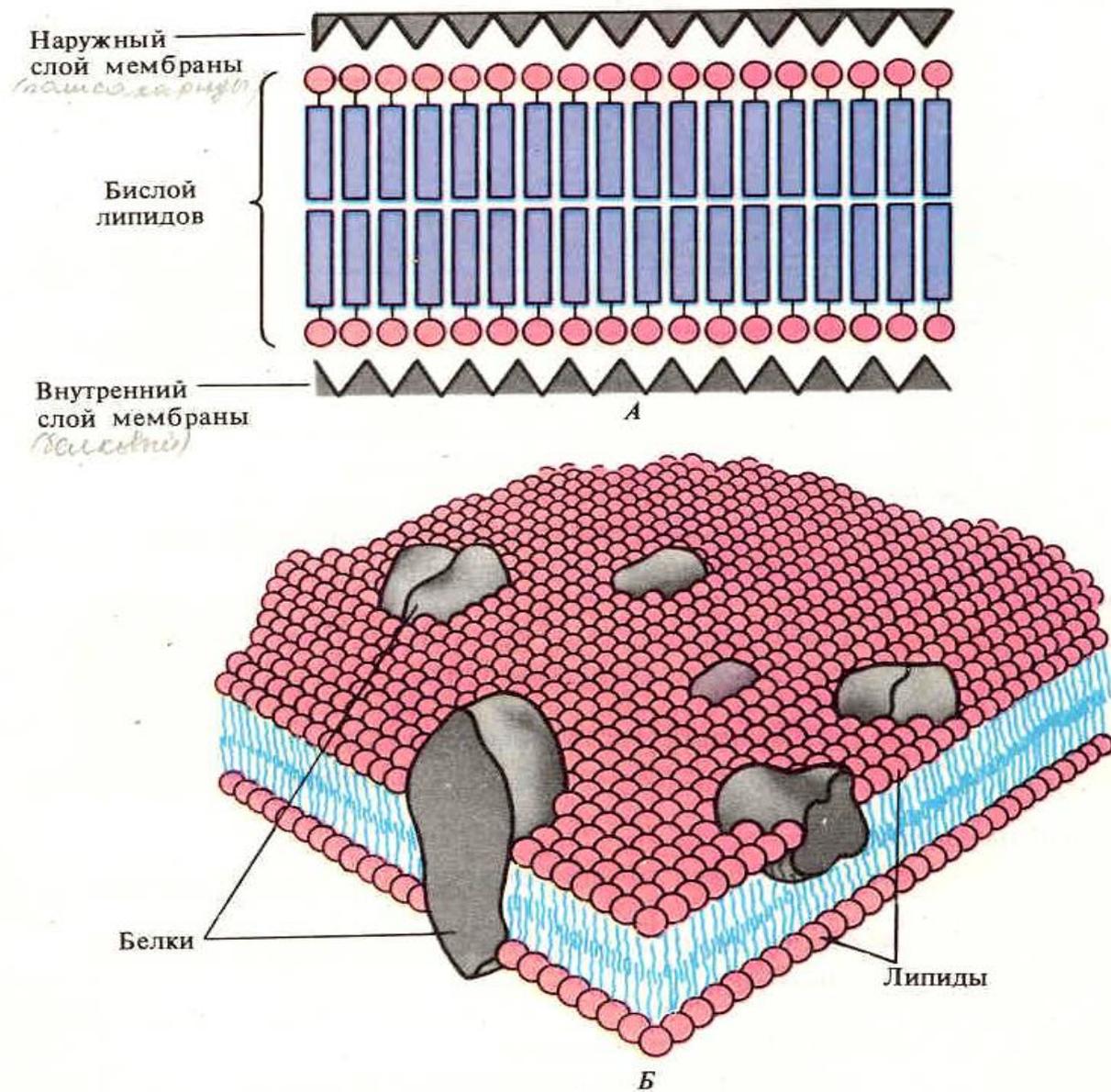
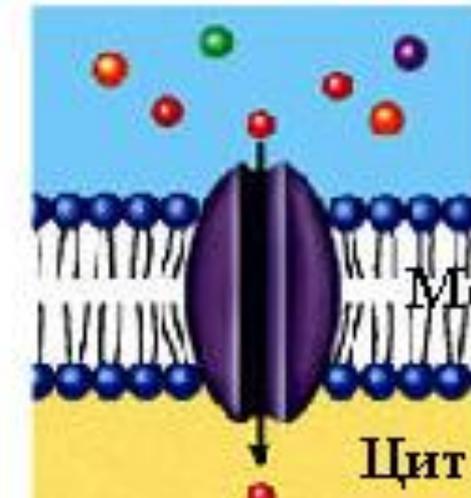


Рис. – Схема строения мембраны

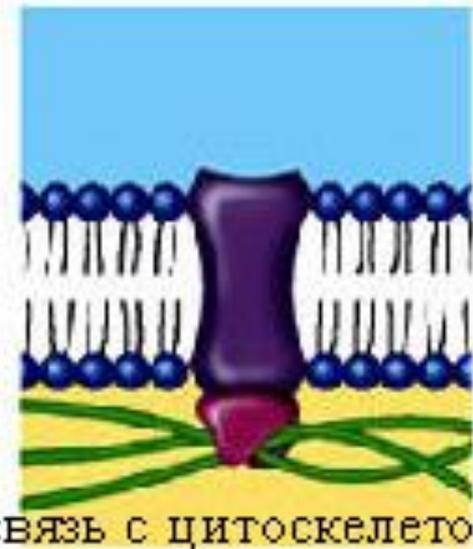
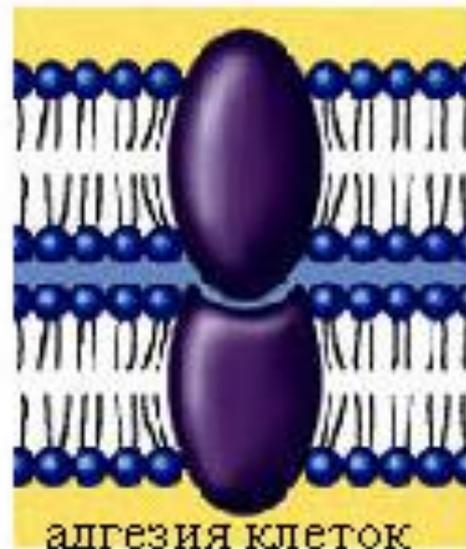
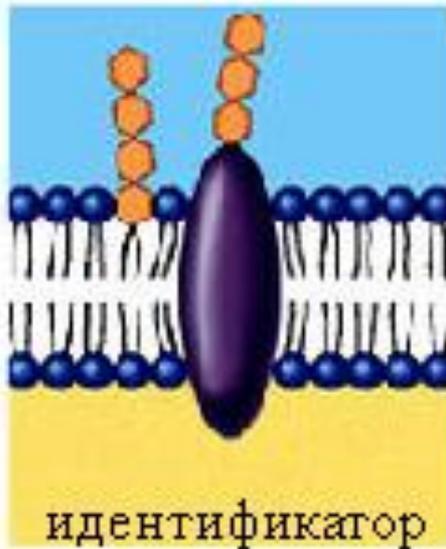
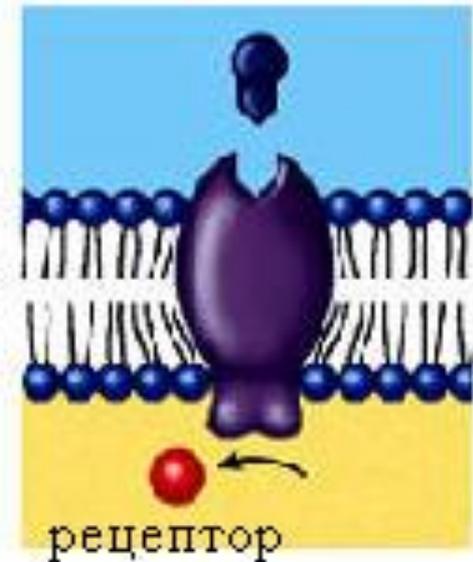
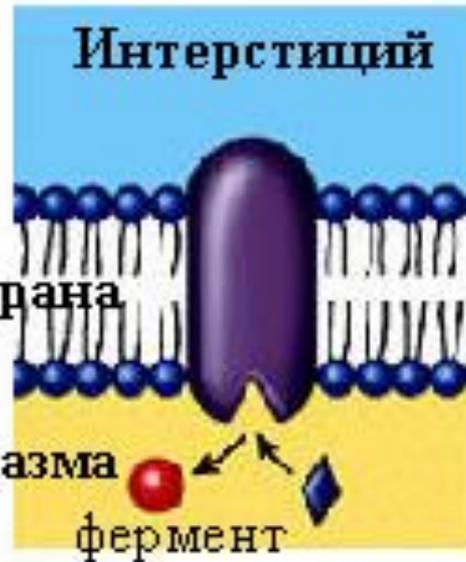
Функции белков мембраны

- 1. *Ионные каналы* – транспортируют вещества внутрь клетки и обратно.
- 2. Выступают как *переносчики* определенных молекул через мембрану.
- 3. Являются *ферментами* и катализируют ассоциированные с мембраной реакции.
- 4. Выполняют *адгезивную роль*, связывая цитоскелет с внеклеточным матриксом.
- 5. Служат в качестве *мембранных рецепторов* для получения и преобразования химических сигналов из внешней среды.
- 6. *Идентифицируют* вещества, вступающие в контакт с мембраной клетки.

Функции белков мембраны

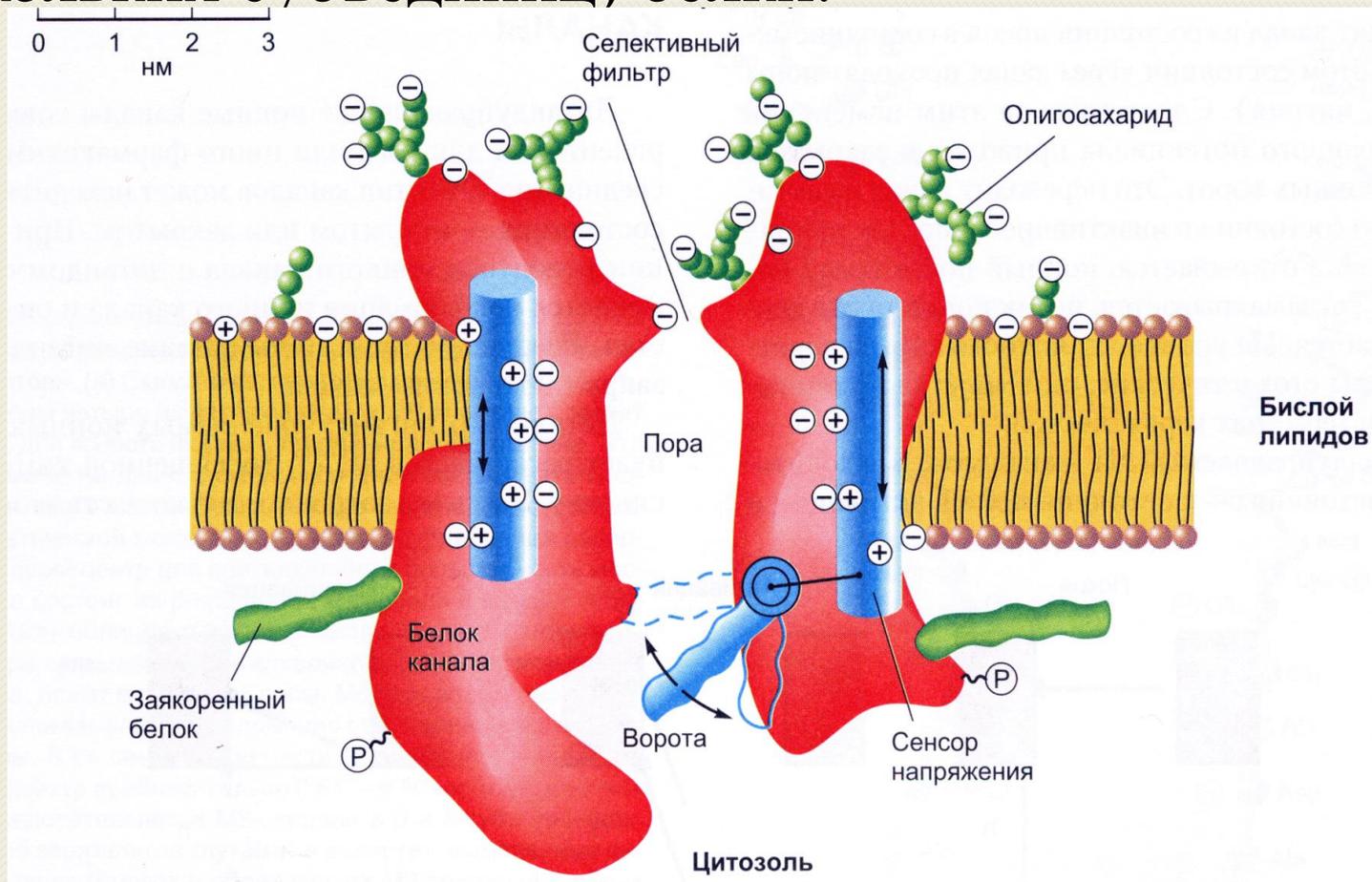


канал и переносчик



Общее представление о структуре и функциях ионных каналов

Ионные каналы - особые образования в мембране клетки, представляющие собой олигомерные (состоящие из нескольких субъединиц) белки.



Классификация ионных каналов по их функциям:

1) по количеству ионов, для которых канал проницаем, каналы делят на:

➤ **селективные** (проницаемы только для одного вида ионов). По характеру ионов, которые они пропускают на Na^+ , Ca^{++} , Cl^- , K^+ -каналы;

➤ **неселективные** (проницаемы для нескольких видов ионов);

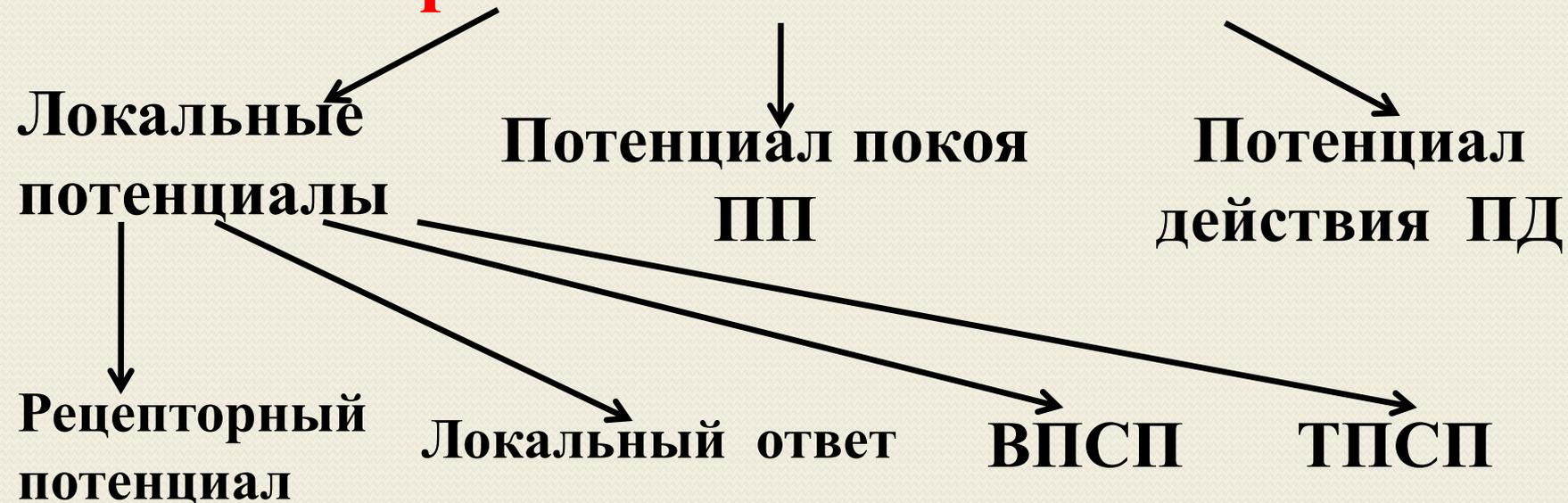
2) по способу регуляции делятся на:

➤ **потенциалзависимые** (электровозбудимые, потенциалуправляемые)

➤ **Потенциалнезависимые** (хемовозбудимые, (лиганд-рецептор -зависимые), хемоуправляемые)

➤ **Механовозбудимые** (механоуправляемые).

Виды биопотенциалов (электрических ответов) нервных и мышечных клеток



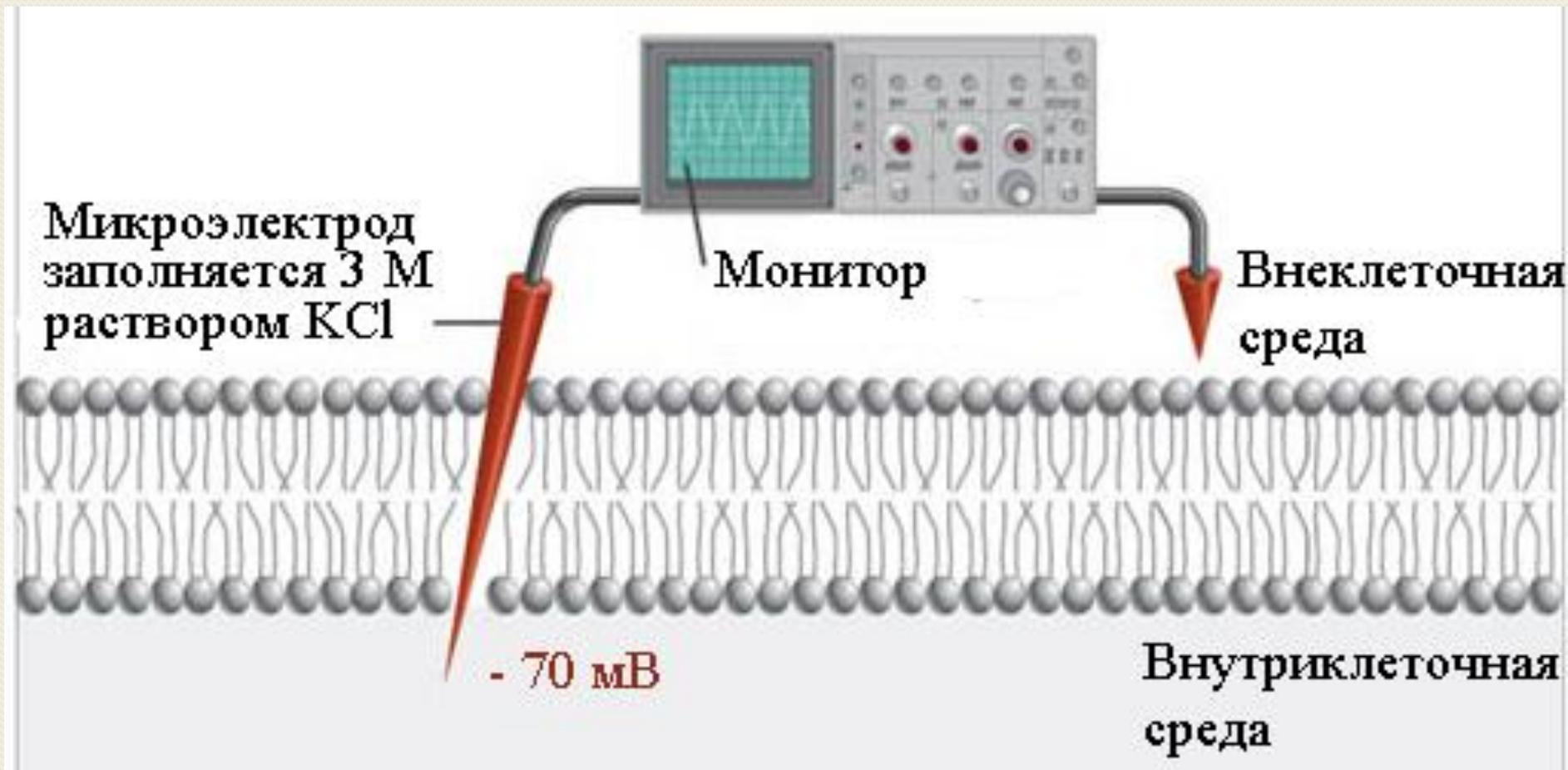
Роль биопотенциалов возбудимых тканей

- 1. Участие в механизмах восприятия воздействия различных факторов среды существования**
- 2. Обеспечение быстрой передачи информации в ЦНС, а из нее управляющих сигналов к эффекторным органам;**
- 3. Участие в механизмах преобразования команд нервной системы в ответные реакции мышечных и других клеток.**



3. Мембранный потенциал покоя и его происхождение

Измерение величины мембранного потенциала



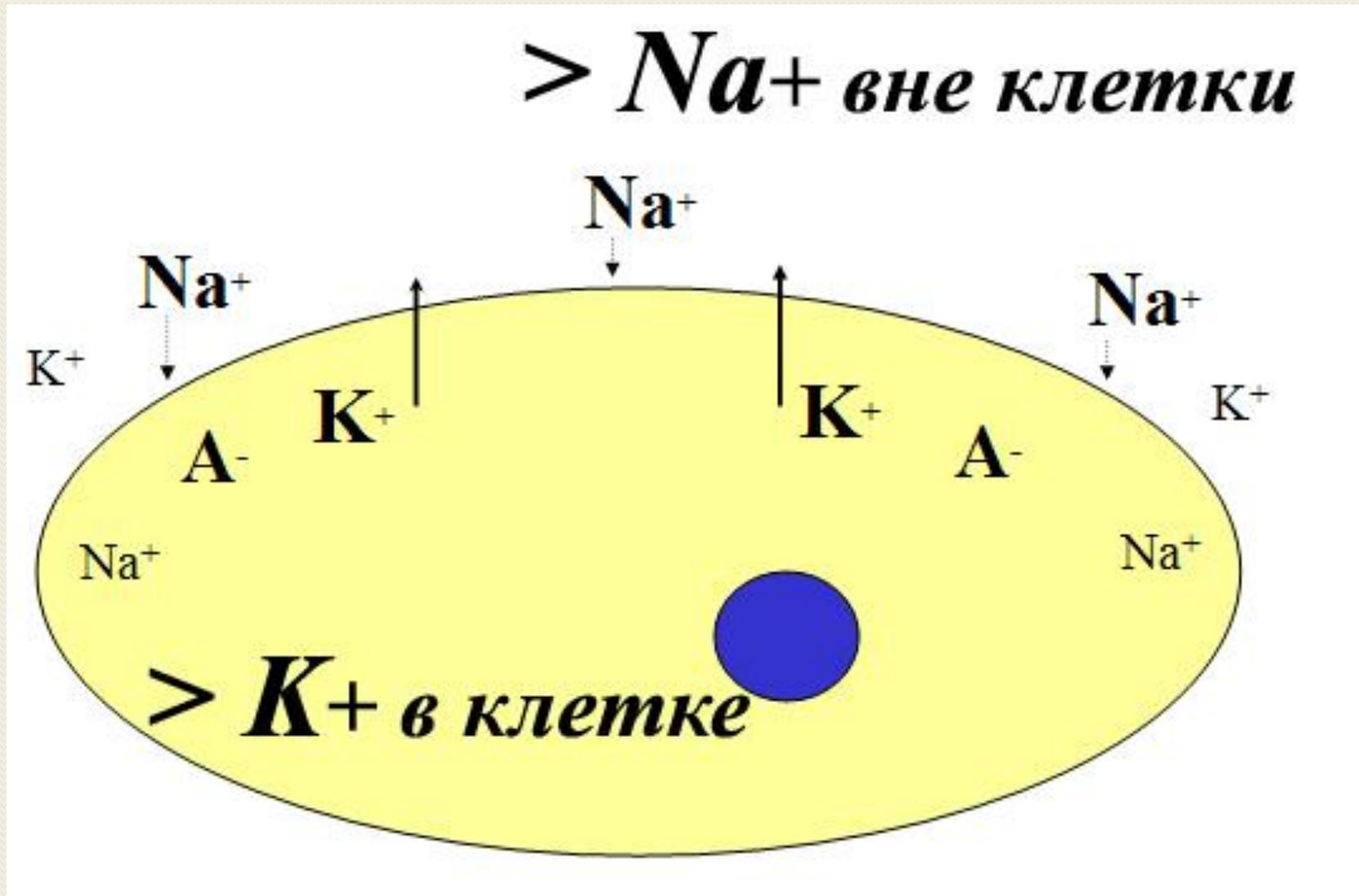
Ионные каналы, имеющиеся в мембране, обладают свойствами:

1. Селективностью (избирательной проницаемостью).
2. Электровозбудимостью.

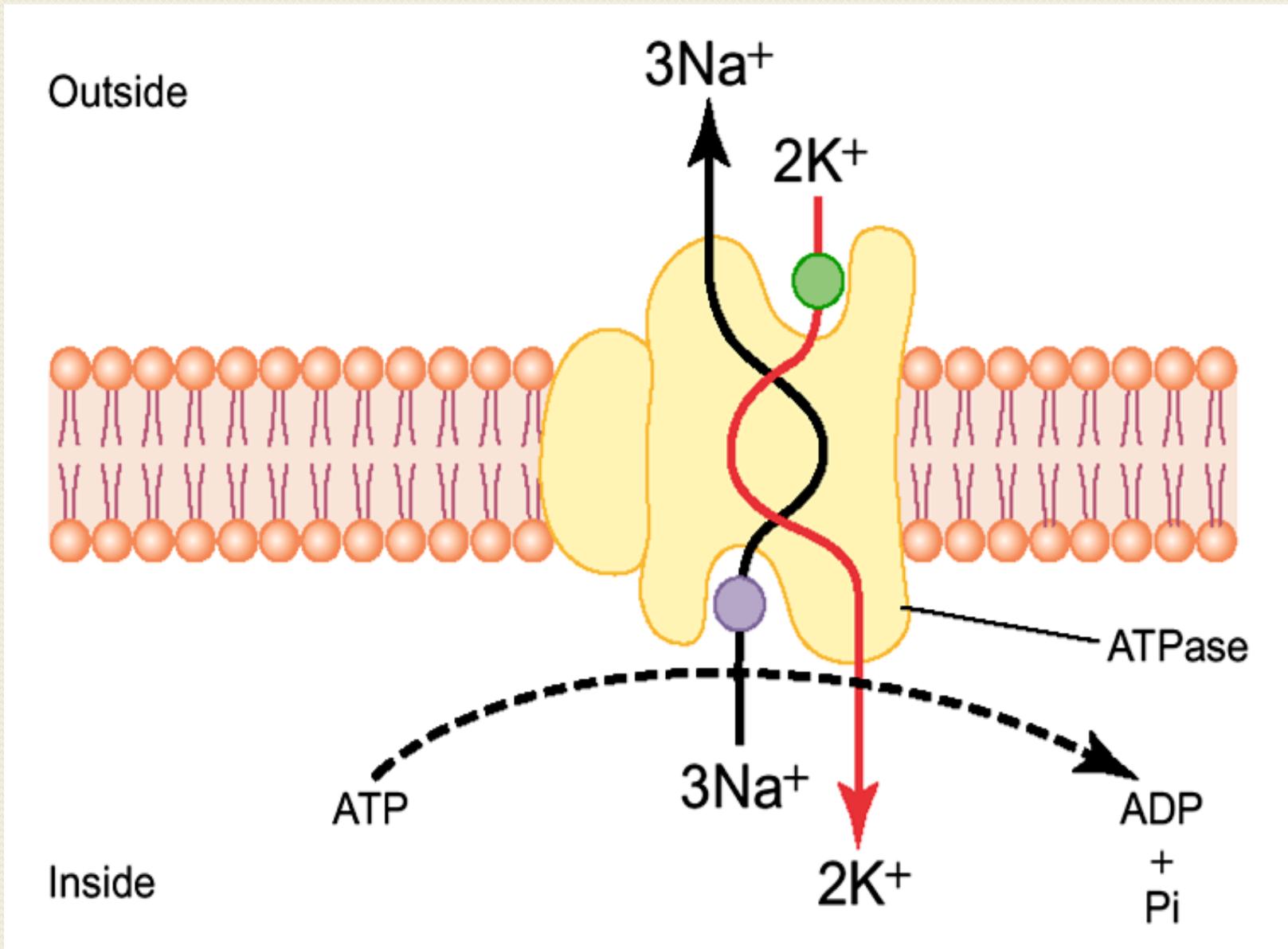
Согласно мембранно-ионной теории наличие МПП обусловлено:

1. Непрерывным движением ионов по ионным каналам мембраны,
2. Постоянно существующей разностью концентраций катионов по обе стороны мембраны,
3. Непрерывной работой натрий-калиевого насоса;
4. Различной проницаемостью каналов для ЭТИХ ИОНОВ.

Химический градиент: Натрия > вне клетки. Калия > внутри клетки.



Натрий-калиевый насос



Потенциал действия и механизм его происхождения.

Соотношение фаз возбудимости с фазами потенциала действия.

Потенциал действия – быстрое колебание мембранного потенциала, возникающее при действии раздражителя **пороговой силы** в нервных и мышечных клетках.

Фазы потенциала действия:

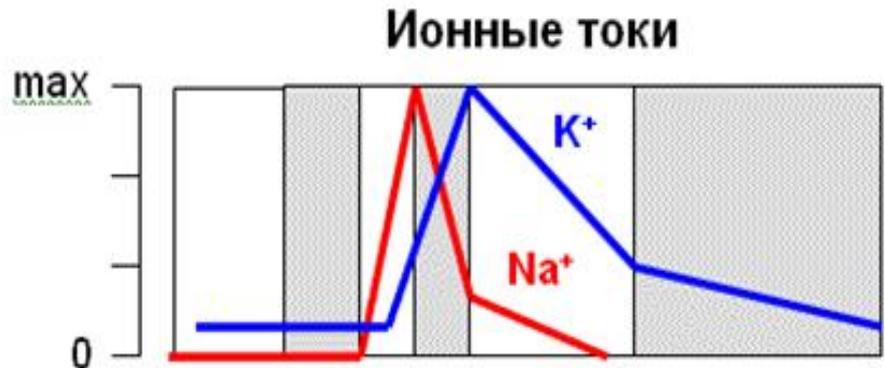
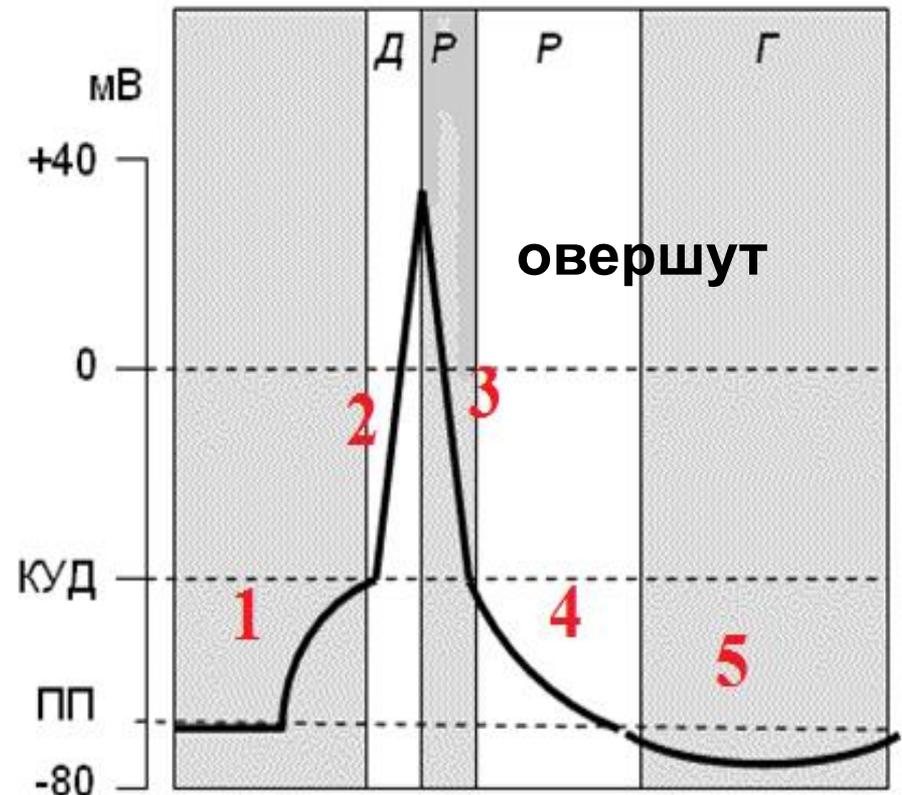
Деполаризации:

- 1) медленная деполаризация;
- 2) быстрая деполаризация.

Реполаризация:

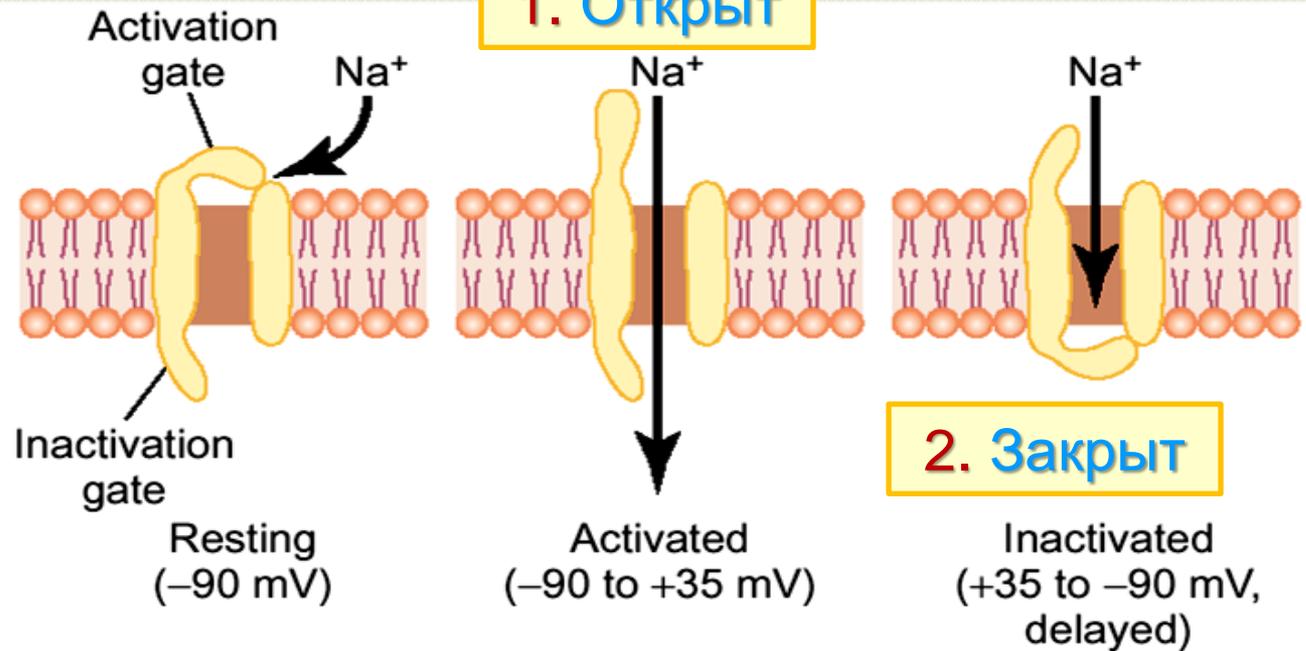
- 3) быстрая реполаризация;
- 4) медленная реполаризация (отрицательный следовой потенциал)

- 5 Гиперполаризация (положительный следовой потенциал)

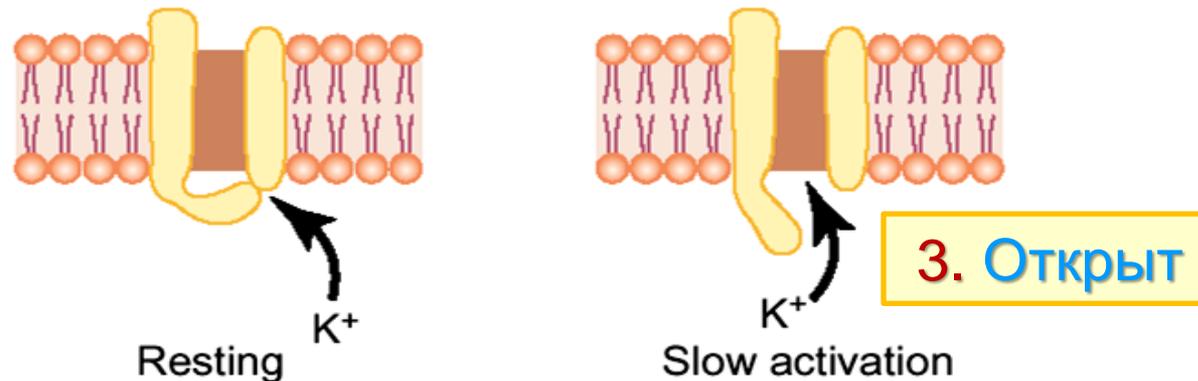


Ионные каналы

I. Натриевые каналы



II. Калиевые каналы





Соотношение фаз возбудимости с фазами потенциала действия

- 0 – ПП
- 1 – медл деполяризация
- 2 – быстрая деполяризация
- 3 – быстрая реполяризация
- 4 – медл реполяризация
- 5 – гиперполяризация

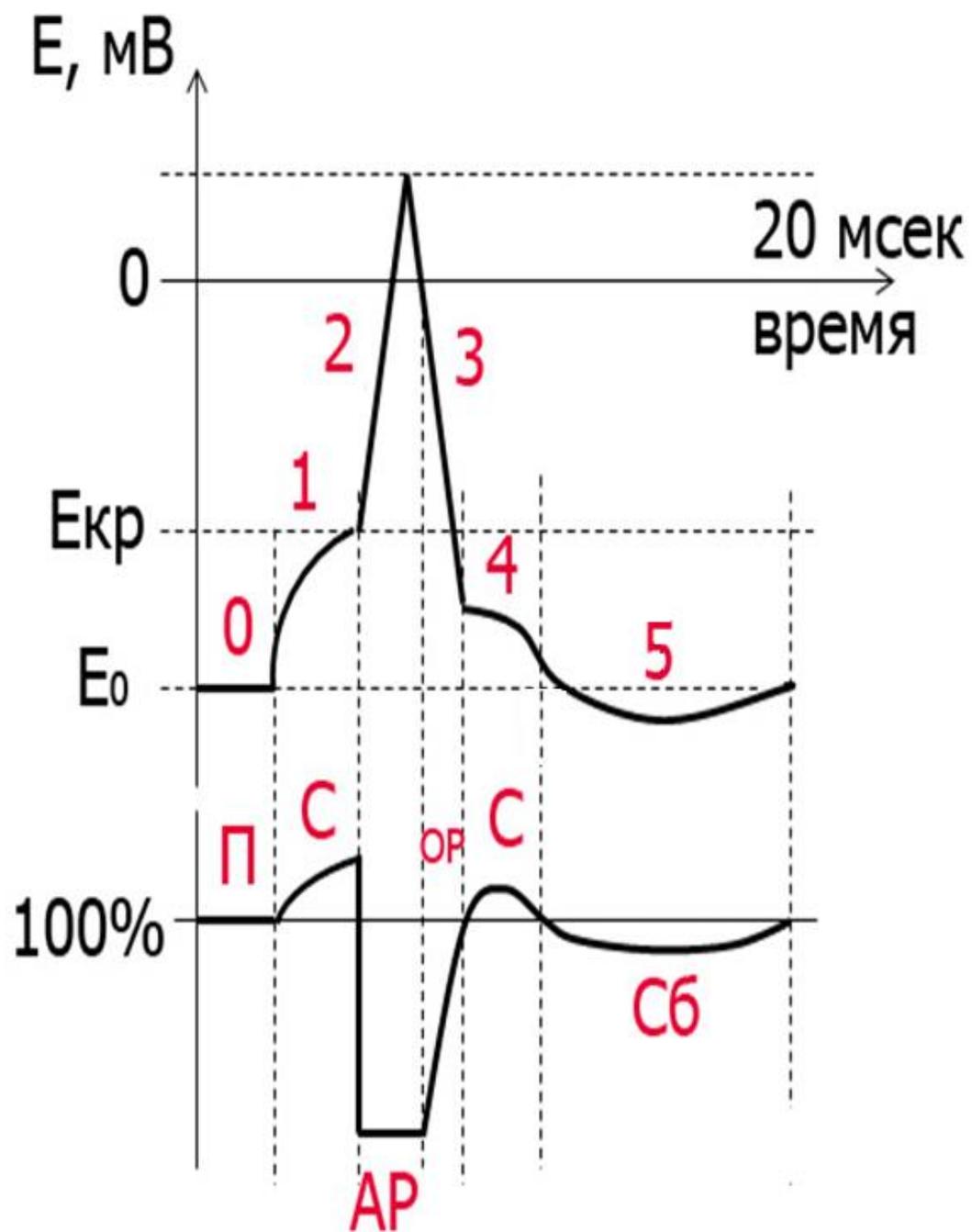
П – ПП 100% возбудимость

С – супернормальная
возбудимость

АР – абсолютная
рефрактерность

ОР – относительная
рефрактерность

Сб – субнормальная
возбудимость





**4. Законы раздражения
возбудимых тканей.
Лабильность.**

Законы раздражения возбудимых тканей

- 1. Закон силы**
- 2. Закон длительности действия раздражителя**
- 3. Закон “все или ничего”**
- 4. Закон градиента раздражения**
- 5. Закон полярного действия тока (закон Пфлюгера)**

1. Закон силы - зависимость силы ответной реакции ткани от силы раздражителя. Увеличение силы стимулов в определенном диапазоне сопровождается ростом величины ответной реакции.

2. Закон длительности действия раздражителя — раздражитель должен действовать достаточно длительно, чтобы вызвать возбуждение.

СИЛА

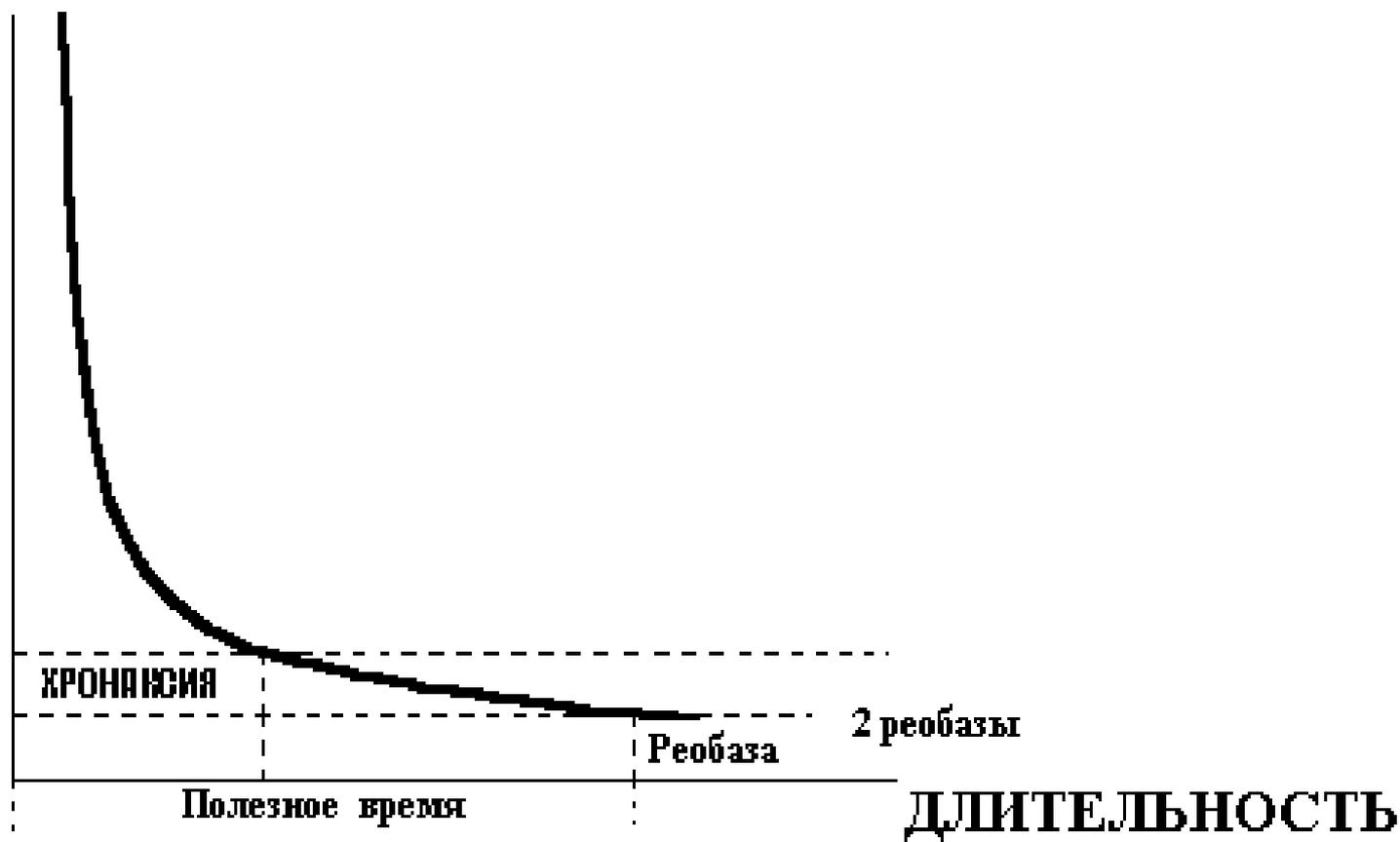
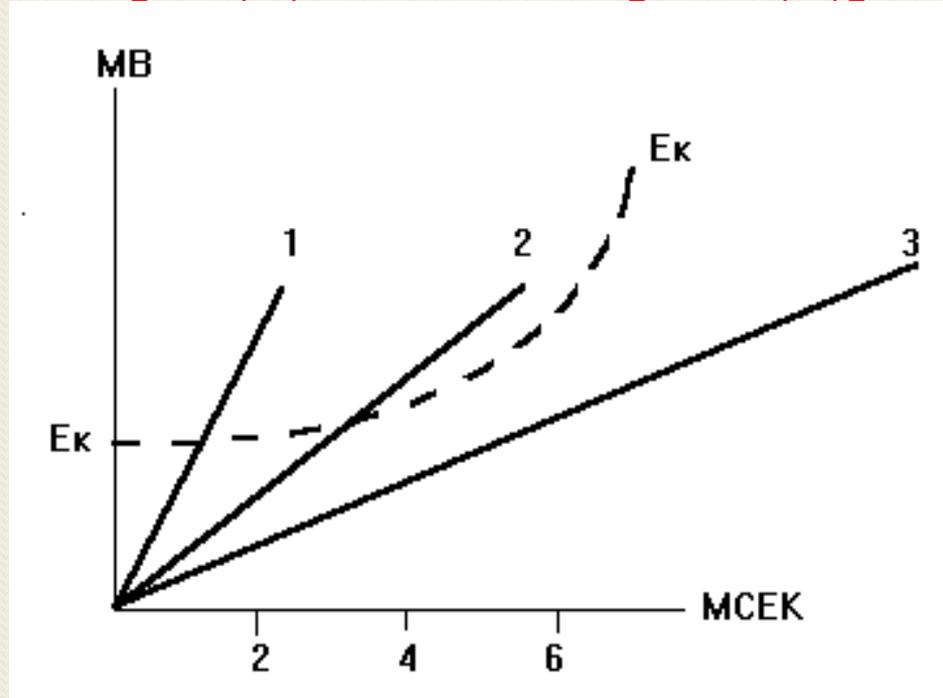


Рис. — Кривая «сила-длительность»

Закон “все или ничего” –при действии подпороговых раздражителей возбуждение не возникает, а при действии порогового и сверхпорогового раздражителей величина ответной реакции, обусловленной возбуждением, остается постоянной.

Применим для одиночного нервного волокна, одиночного мышечного волокна, целостная мышца желудочков сердца и предсердий.

3. Закон градиента раздражения



Для того, чтобы вызвать возбуждение, сила раздражителя должна нарастать во времени достаточно быстро. Если сила раздражителя увеличивается очень медленно, то ткань приспособливается к его действию и не отвечает возбуждением. Такое приспособление возбудимой ткани к медленно увеличивающейся силе раздражителя называют **аккомодацией**.

5. Полярный закон раздражения (закон Пфлюгера).

При **внеклеточном** расположении электродов **возбуждение** возникает **только под катодом** (отрицательным полюсом) в момент **замыкания** (включения, начала действия) постоянного электрического тока. В момент **размыкания** (прекращения действия) **возбуждение** возникает **под анодом**.



Лабильность – это скорость развития ответа на раздражитель (отдельных ПД). Чем выше лабильность тем больше ПД может произвести ткань в единицу времени. Мерой лабильности является наибольшее количество импульсов, которое ткань может генерировать в единицу времени. Максимальный ритм возбуждения лимитируется длительностью периода абсолютной рефрактерности.

В ходе ритмического возбуждения лабильность может увеличиваться или уменьшаться. **Снижение** лабильности ведет к развитию процессов торможения, а ее **увеличение** определяет свойства ткани усваивать новые более высокие ритмы импульсации. Усвоение более высокого ритма связано с выкачиванием ионов Na^+ из цитоплазмы, когда возбуждение проникает внутрь клетки. Таким образом мышцы способны усваивать более частый ритм импульсов поступающих к ним от нервных волокон.

В практической медицине используют эти фундаментальные знания

- **Местные анестетики блокируют натриевые каналы. Натрий не входит в нервные волокна, значит возбуждение не возникает (боль не распространяется).**
- **Кардиологи управляют входом Кальция (лечение аритмий, гипертонии)**

**5. Физиология нервного волокна.
Механизмы проведения нервного
импульса в миелиновых и
безмиелиновых волокнах.**

ФУНКЦИИ НЕРВОВ

- *Информационная* - передача ПД от тела нейрона на периферию и обратно.
- *Трофическая* – трафик нутриентов, органелл.
- *Генетическая детерминация* направления роста.

Классификация нервных волокон.

1. По строению нервы делятся на:

- ✓ *миелинизированные (мякотные)*
- ✓ *немиелинизированные.*

Схема миелинизированного волокна



Классификация нервных волокон.

2. По направлению передачи информации (центр - периферия) нервы подразделяются на:

- ✓ *афферентные*
- ✓ *эфферентные.*

Эфферентные по физиологическому эффекту делятся на:

- ✓ *Двигательные (иннервируют мышцы).*
- ✓ *Сосудодвигательные (иннервируют сосуды).*
- ✓ *Секреторные (иннервируют железы).*

Классификация нервных волокон.

3. По характеру влияния на эффекторный орган нейроны делятся на:

- ✓ **пусковые (переводят ткань из состояния физиологического покоя в состояние активности)**
- ✓ **корректирующие (изменяют активность функционирующего органа).**

Классификация нервных волокон.

4. По функциональным свойствам:

➤строению,

➤и по скорости проведения возбуждения

все нервные волокна разделили на группы А, В и С.

Классификация нервных волокон.

A-альфа – самые толстые волокна покрыты миелиновой оболочкой. Их диаметр от 12 до 22 мкм. Скорость распространения возбуждения от **70 до 120 м/с**, ПД самый короткий.

A-бета – диаметр от 8 до 13 мкм. Скорость распространения возбуждения от **40 до 70 м/с**.

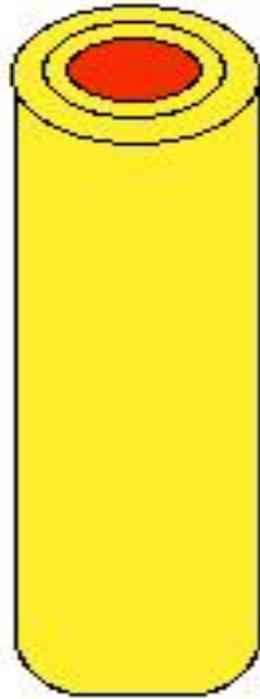
A-гамма – диаметр от 4 до 8 мкм. Скорость распространения возбуждения от **15 до 40 м/с**.

A-дельта – диаметр от 1 до 4 мкм. Скорость распространения возбуждения от **5 до 15 м/с**.

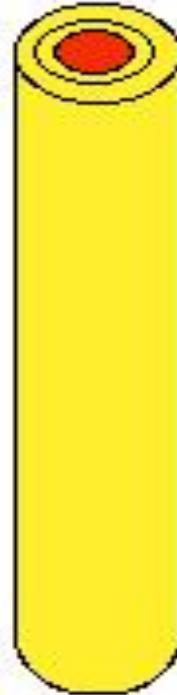
К волокнам *типа В* относятся миелинизированные преганглионарные волокна вегетативной нервной системы. Их диаметр — 1- 3 мкм, а скорость проведения возбуждения — **3-18 м/с**, ПД длится 1—2 мс. У этих волокон отсутствует период супернормальности.

К волокнам *типа С* относятся безмиелиновые нервные волокна малого диаметра — 0,5-2,0 мкм. Скорость проведения возбуждения в этих волокнах не более от **0,5 до 3 м/с**, ПД длится 2 мс.

Нервные волокна разного диаметра



A α



A β



A Δ

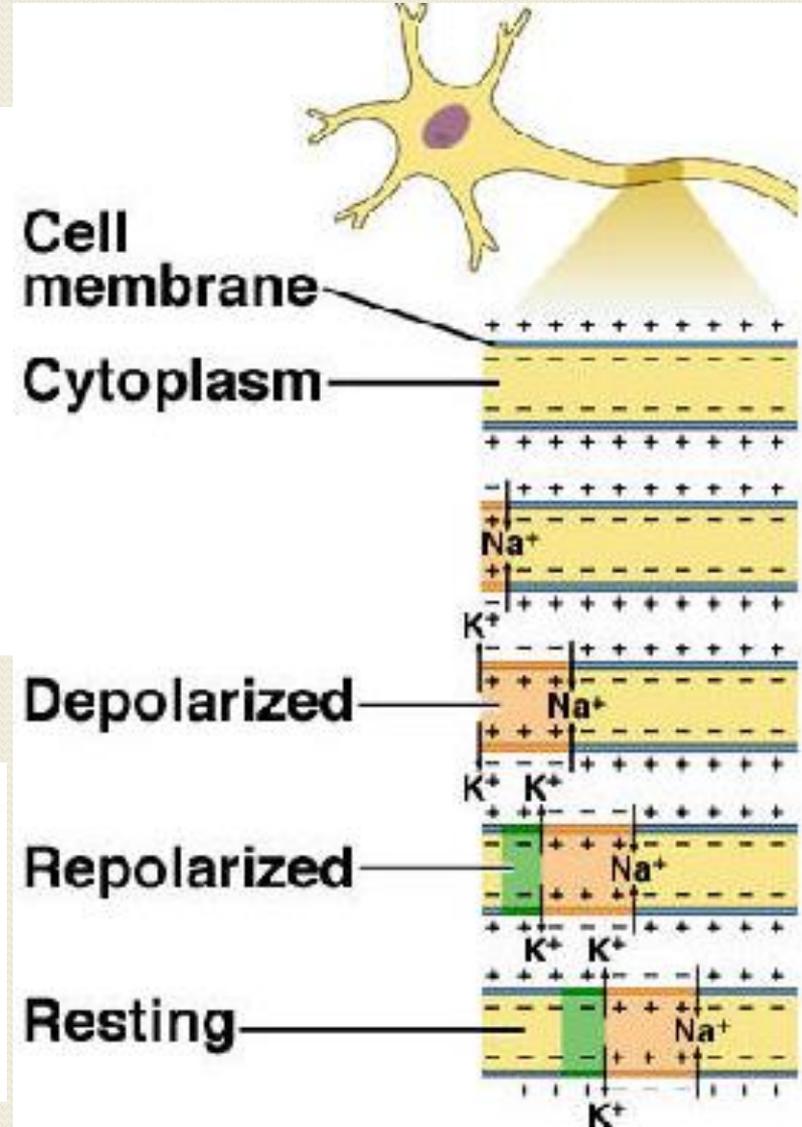
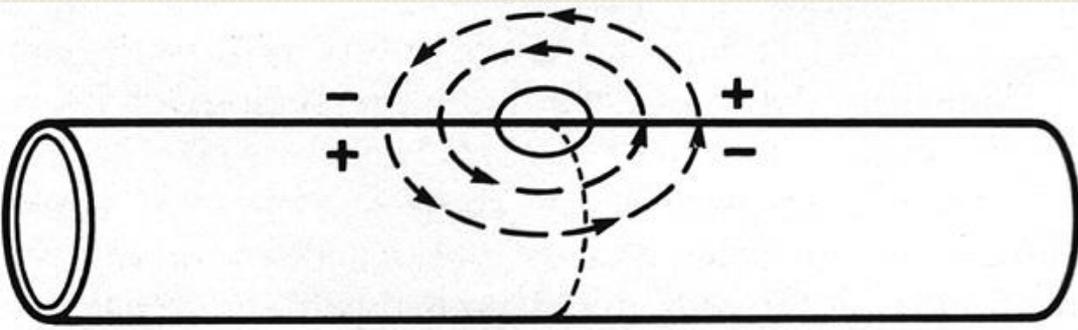
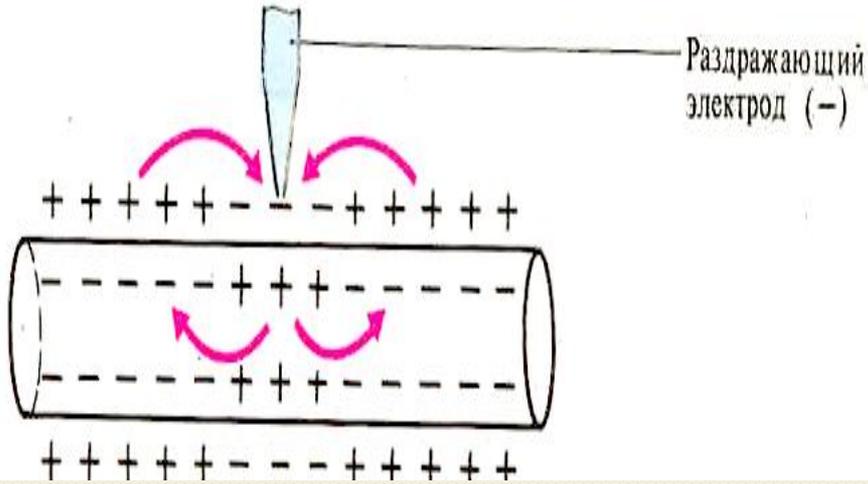


C



**Механизмы проведения нервного
импульса в миелиновых и
безмиелиновых волокнах.**

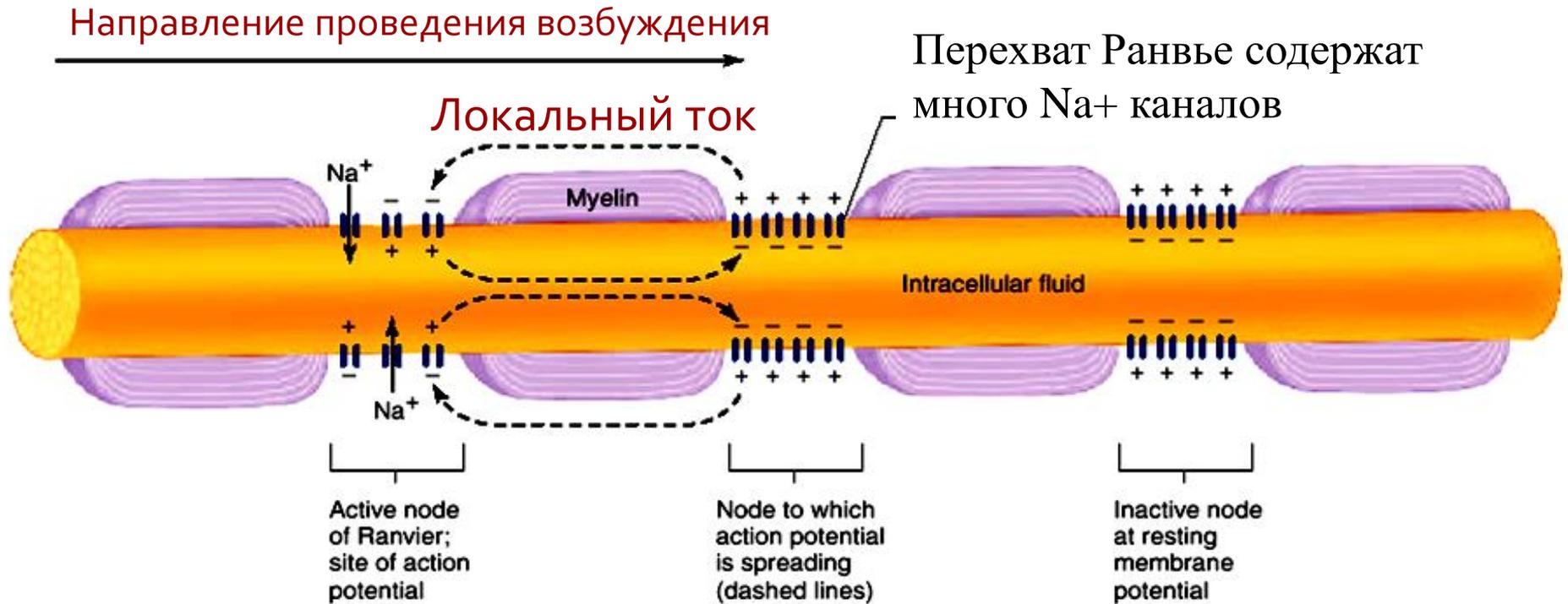
Этапы проведение возбуждения по безмякотному волокну



Особенности распространения возбуждения по безмиелиновым волокнам:

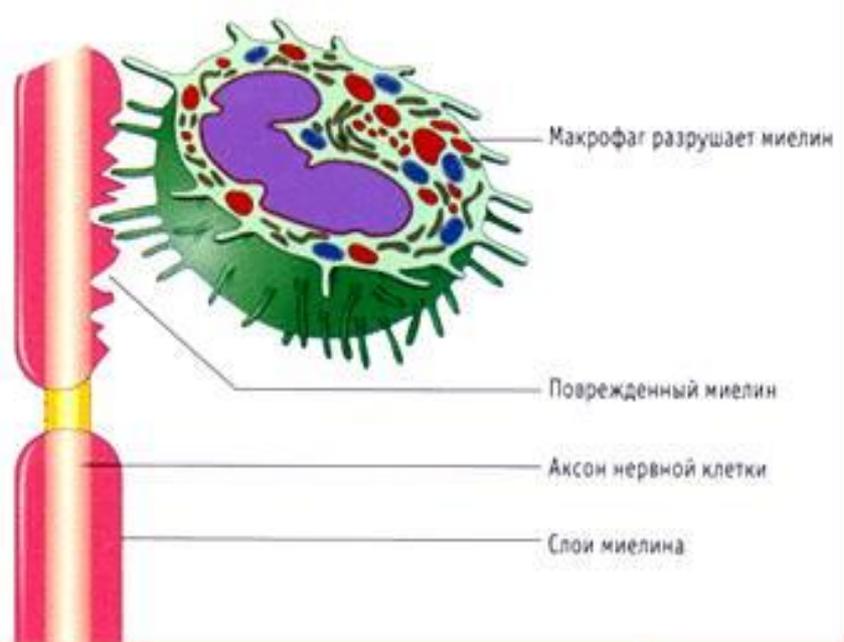
1. Возбуждение распространяется непрерывно.
2. Возбуждение распространяется с небольшой скоростью.
3. Возбуждение распространяется с **декрементом** (уменьшение силы тока к концу нервного волокна).

Передача возбуждения по миелинизированному нервному волокну

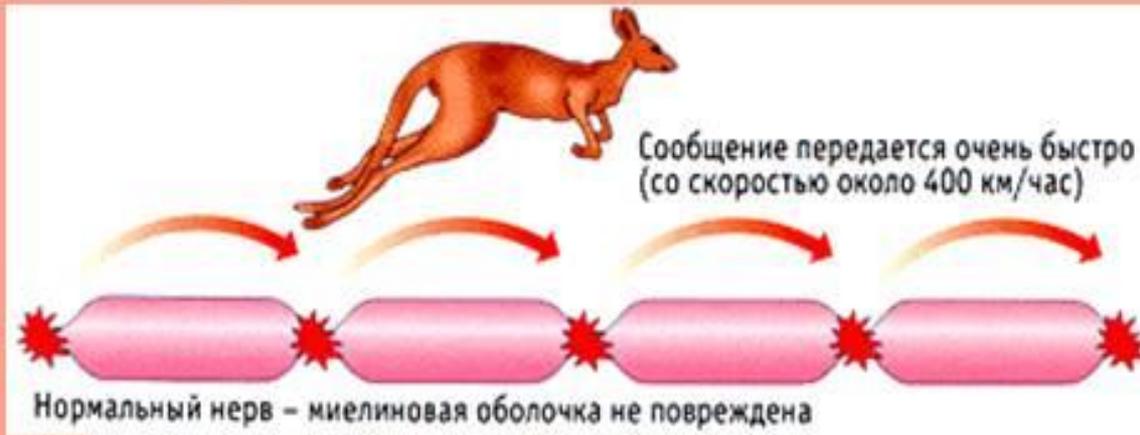


Особенности распространения возбуждения по миелиновым волокнам:

- 1. Распространение ПД в миелинизированных нервных волокнах осуществляется сальтаторно (скачкообразно) от перехвата к перехвату.**
- 2. Возбуждение распространяется с большой скоростью.**
- 3. Возбуждение распространяется без декремента.**



Рассеянный склероз (аутоиммунное заболевание) возникает в результате разрушения миелиновой оболочки



3. Законы проведения возбуждения по нервам.

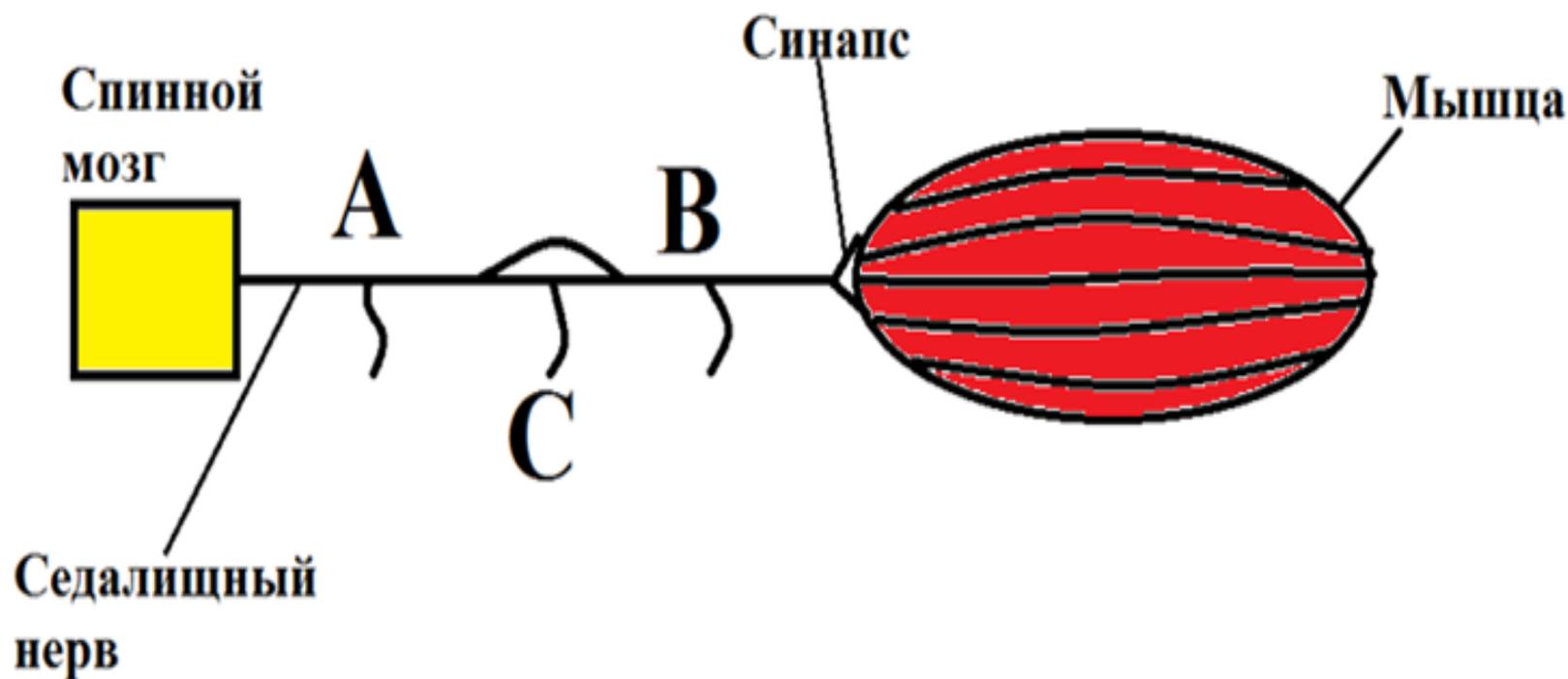
➤ **Закон двустороннего проведения возбуждения по нервному волокну.**

➤ **Закон анатомической и физиологической целостности нервного волокна.**

➤ **Закон изолированного проведения возбуждения по нервному волокну.**

ПАРАБИОЗ

Нервно-мышечный препарат



А, В, С - электроды, А-опытный, В - контрольный

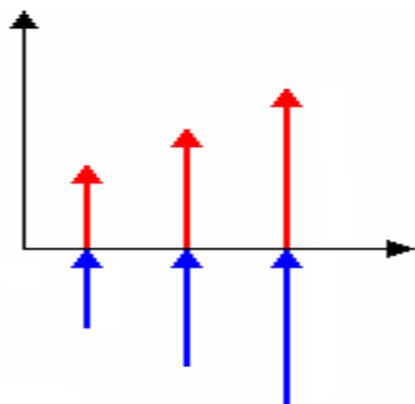
Парабиоз

Выделяют 3 фазы:

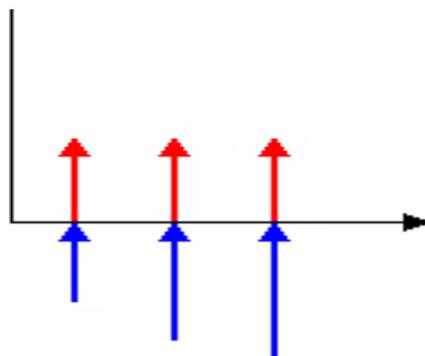
- уравнительную (провизорная),
- парадоксальную,
- тормозную.

Фазы парабриоза

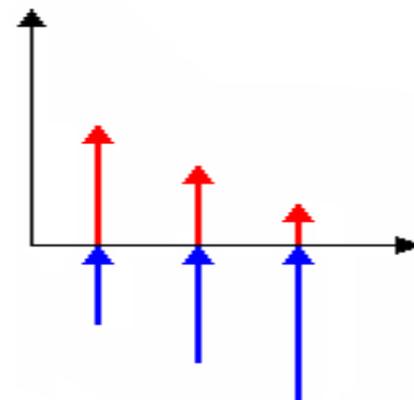
Ответ в норме



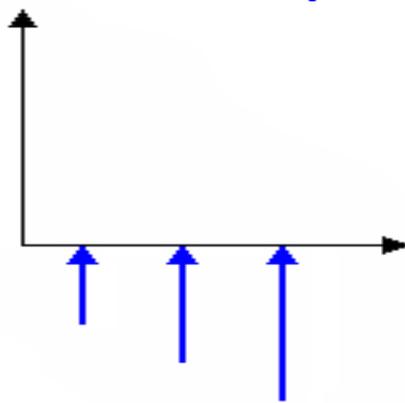
Уравнительная фаза



Парадоксальная фаза



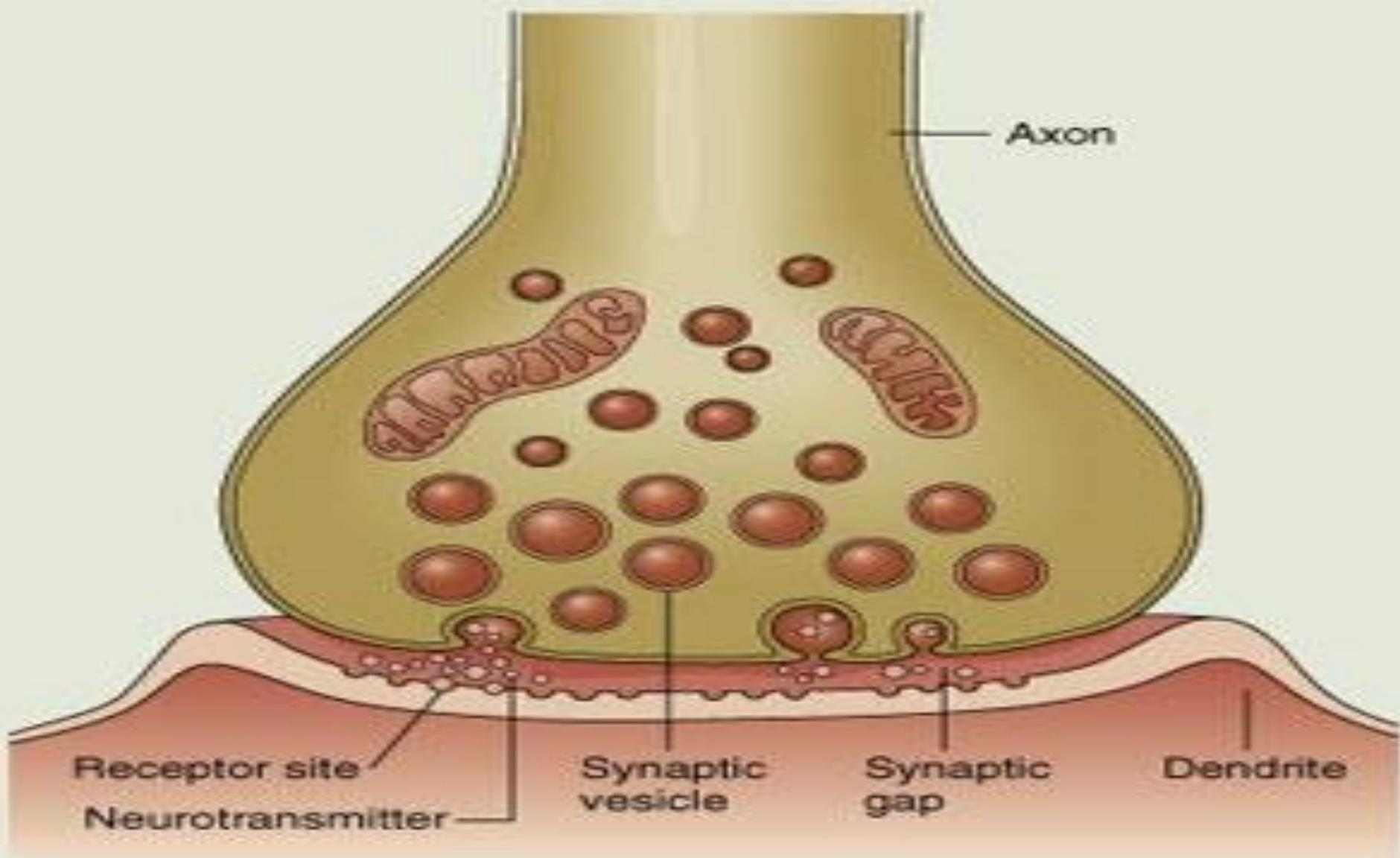
Тормозная фаза



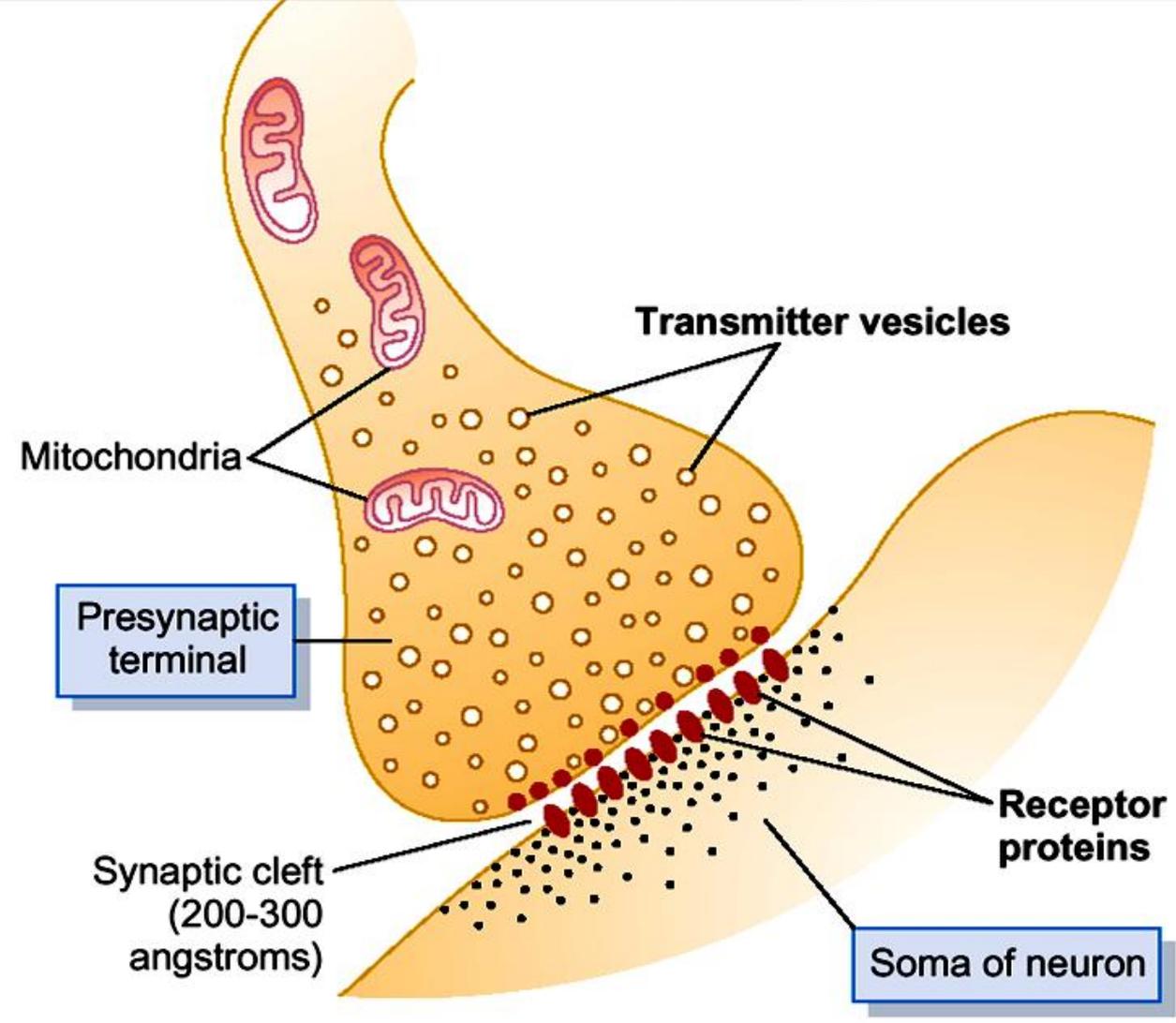
4. Синапс: строение, свойства, классификация.

Механизм передачи возбуждения в синапсах





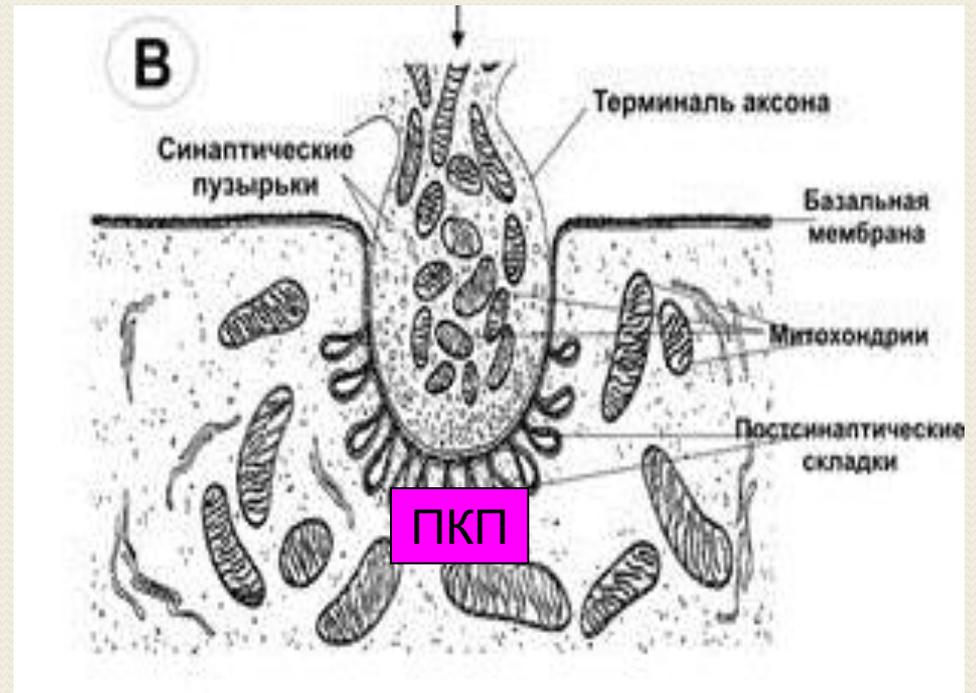
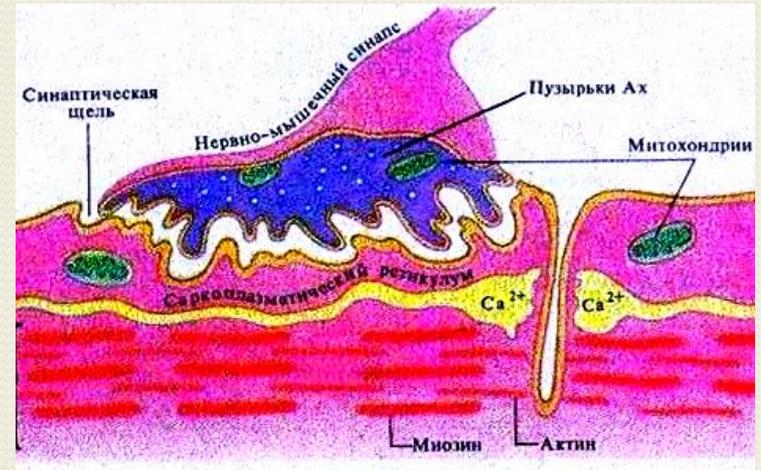
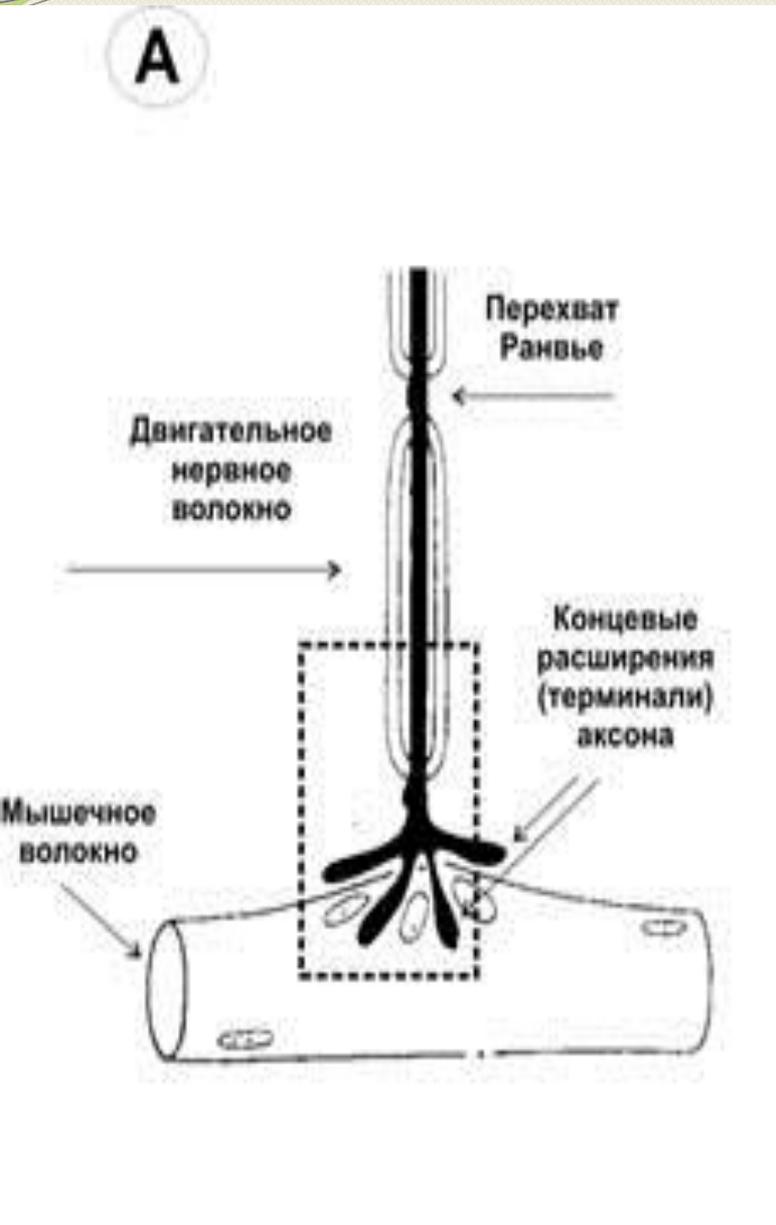
Синапсы — специализированные структуры, которые обеспечивают передачу возбуждения с одной возбудимой клетки на другую.



**Пресинаптическая
мембрана;
Синаптическая
щель;
Постсинаптическая
мембрана**

Рис. Строение синапса

Нервно-мышечный синапс



Классификация синапсов

1. По местоположению и принадлежности соответствующим структурам:

➤ *периферические* (нервно-мышечные, нейросекреторные, рецепторнонейрональные);

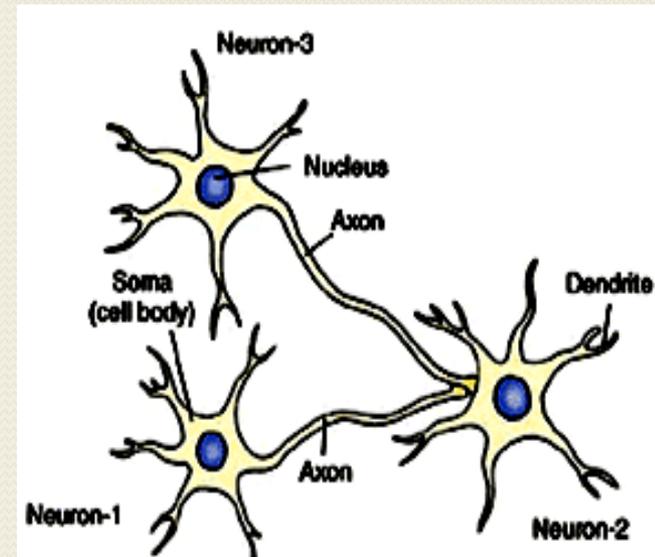
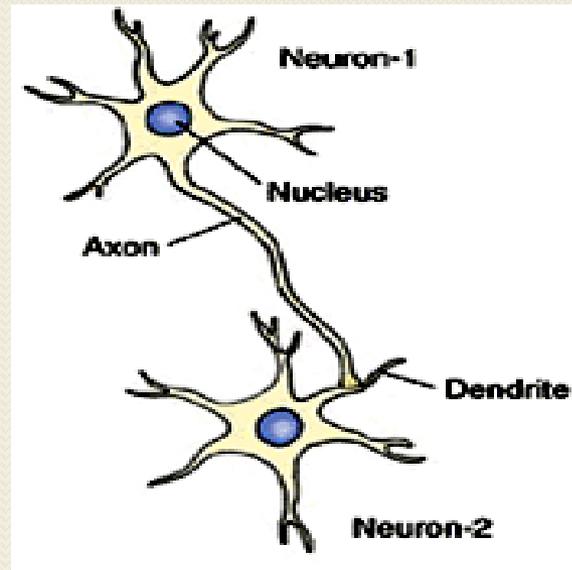
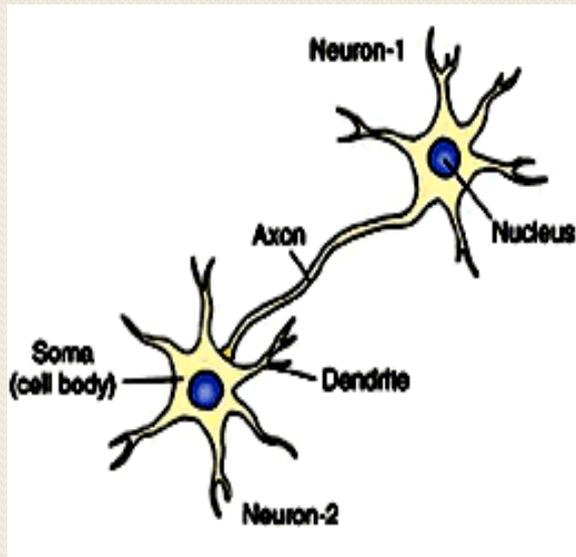
➤ *центральные* (аксо-соматические, аксо-дендритные, аксо-аксональные, сомато-дендритные, сомато-соматические);

2. По эффекту действия:

➤ *возбуждающие*

➤ *тормозные*

Классификация синапсов



Аксосоматический

Аксодендритический

**Аксо-
аксональный**

Классификация синапсов

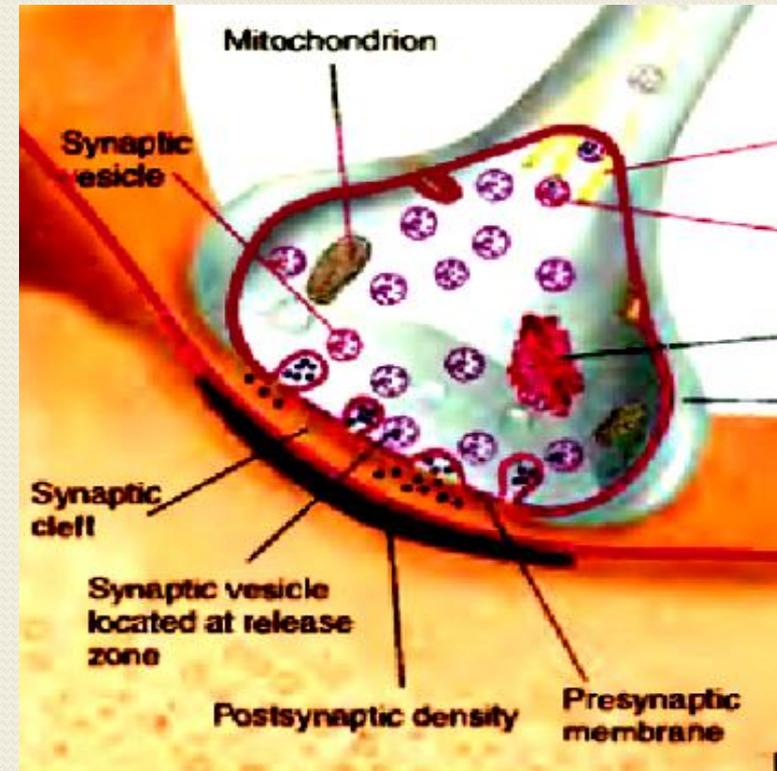
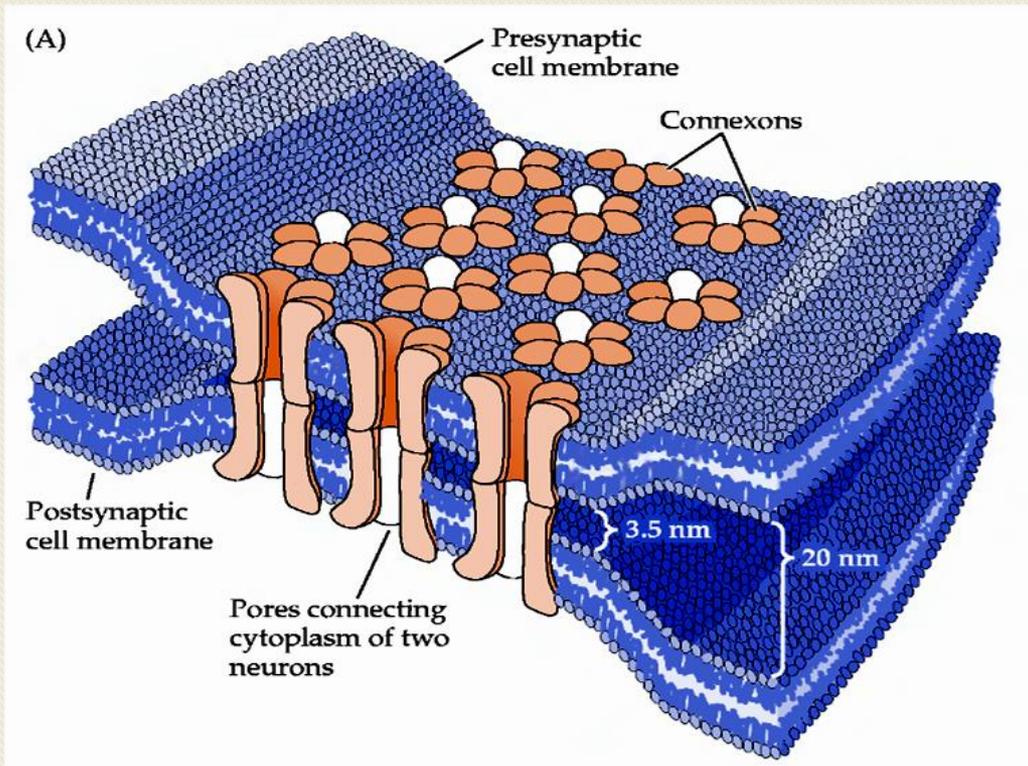
3. По способу передачи сигналов:

- Электрические,*
- химические,*
- смешанные.*

4. По медиатору:

- холинергические,*
- адренергические,*
- серотонинергические,*
- глицинергически. и т.д.*

Электрический и химический синапсы



Синапсы с химической передачей возбуждения обладают рядом общих свойств:

- Возбуждение через синапсы проводится только в одном направлении (односторонне);
- передача возбуждения через синапсы осуществляется медленнее, чем по нервному волокну — синаптическая задержка 0,5-1 мс;
- передача возбуждения осуществляется с помощью специальных химических посредников — медиаторов;

Синапсы с химической передачей возбуждения обладают рядом общих свойств:

- в синапсах происходит трансформация ритма возбуждения;
- синапсы обладают низкой лабильностью;
- синапсы обладают высокой утомляемостью;
- синапсы обладают высокой чувствительностью к химическим (в том числе и к фармакологическим) веществам.

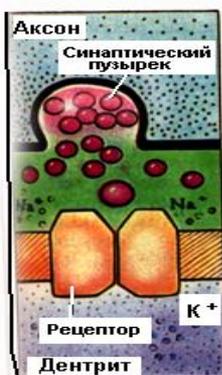
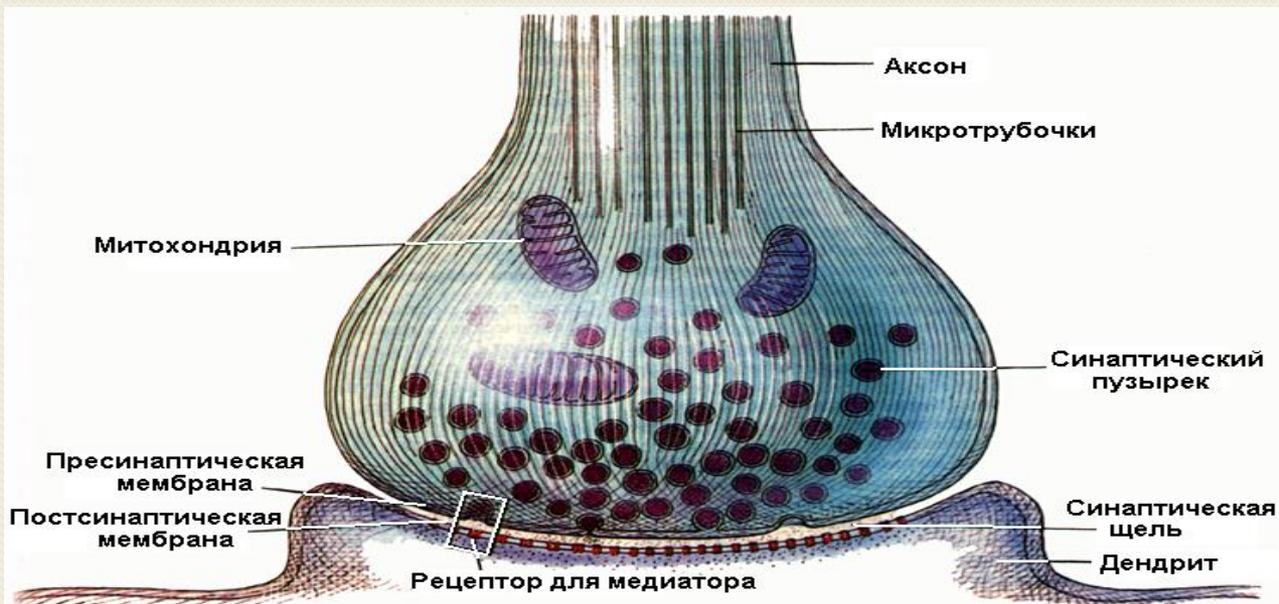


**Механизм передачи
возбуждения в
нервно-мышечном синапсе.**

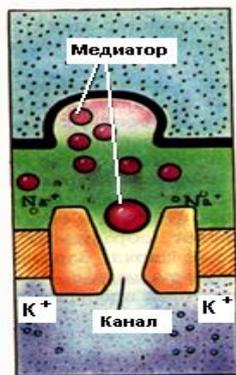
Механизм передачи возбуждения в синапсе (на примере нервно-мышечного синапса)

- 1. Выброс медиатора в синаптическую щель**
- 2. Диффузия АХ**
- 3. Возникновение возбуждения в мышечном волокне.**
- 4. Удаление АХ из синаптической щели**

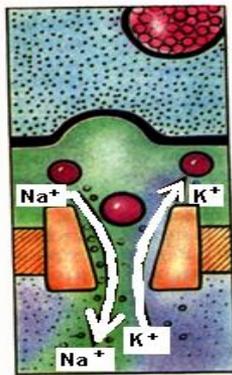
СТРУКТУРА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ СИНАПСА



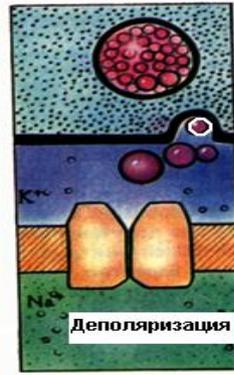
Синаптический пузырек освобождает медиатор



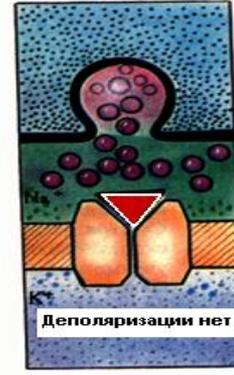
Медиатор взаимодействует с рецептором. Канал открывается



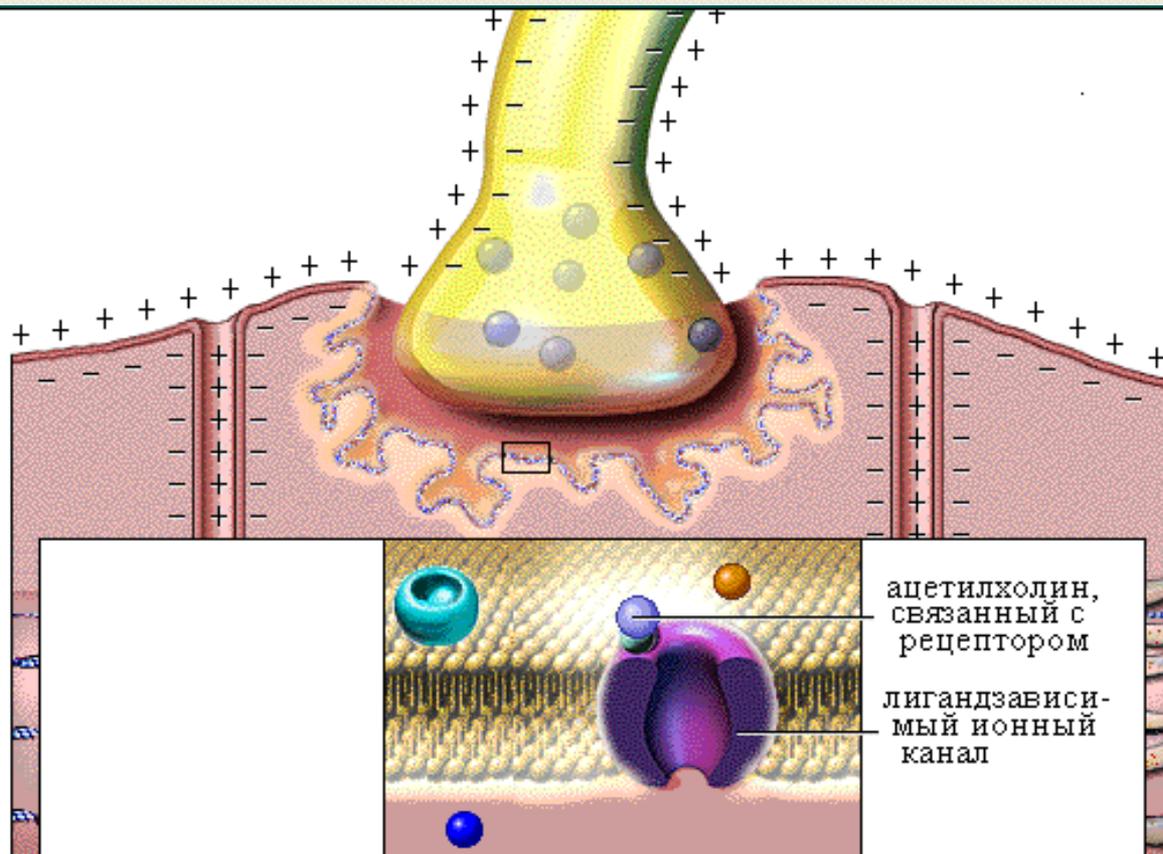
Перемещение ионов Na⁺ и K⁺

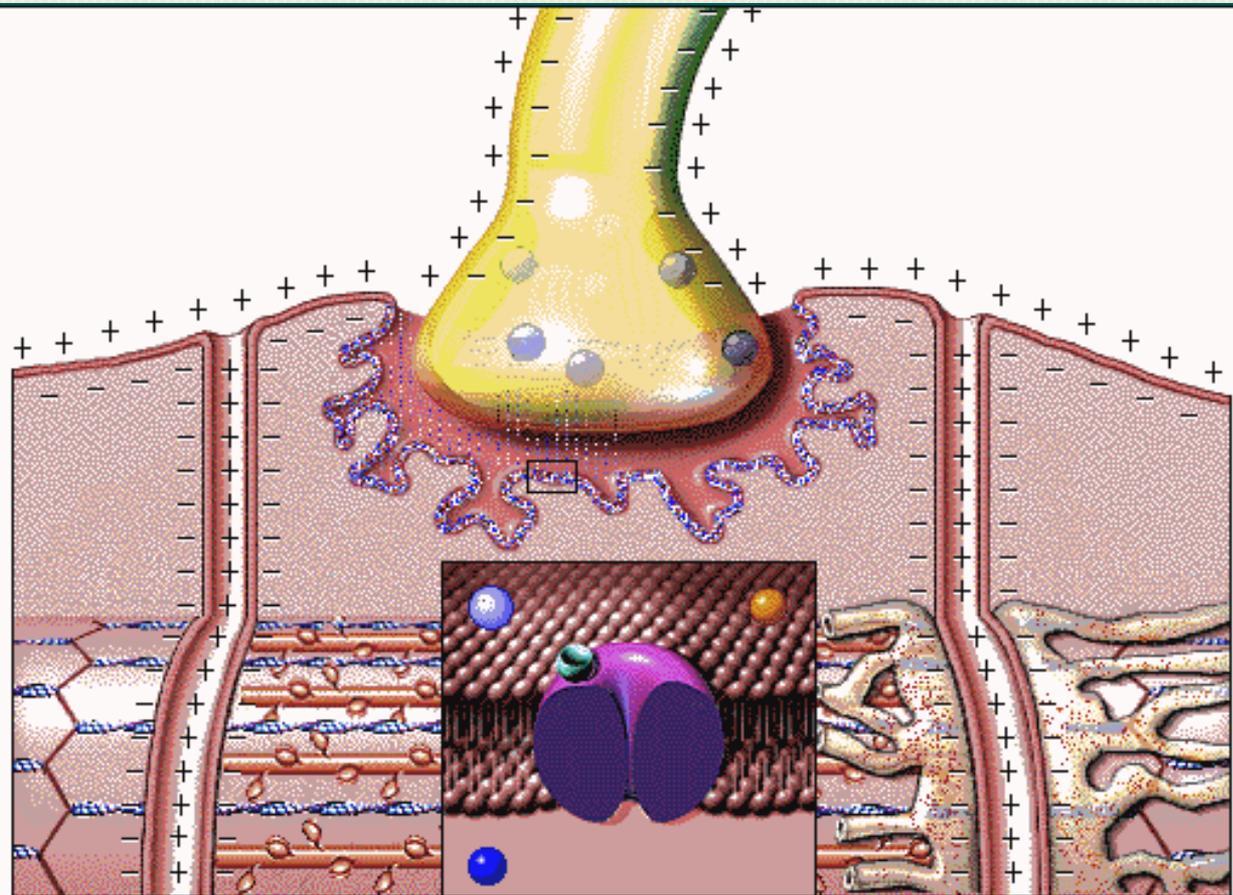


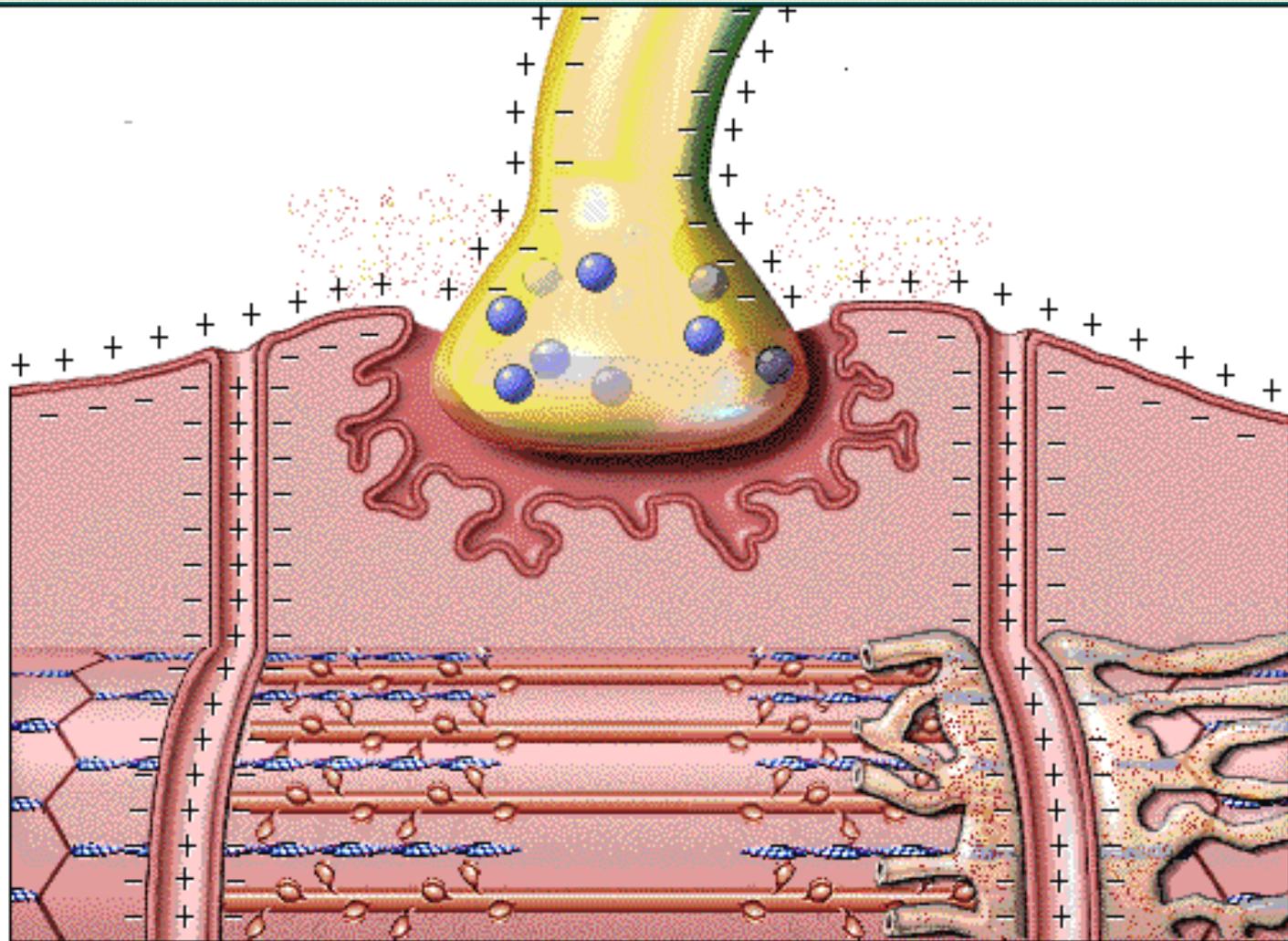
Обратное поглощение медиатора пресинаптическим окончанием



Блокада рецептора антагонистом







В промежутках между ПД из пресинаптического окончания спонтанно выделяются 1-2 кванта медиатора в синаптическую щель, формируя *миниатюрные потенциалы*, величиной 0,4-0,8 мВ. Они поддерживают высокую возбудимость иннервируемой клетки в условиях функционального покоя и играют трофическую роль, а в ЦНС они способствуют поддержанию ее центров.

Химический синапс как объект воздействия лекарственных средств и токсинов

Влияние на ПД нервного окончания

Блокаторы Na^+ каналов – тетродотоксин (обнаружен в рыбе фуга), токсины выделенные из яда морских змей, местные анестетики – кокаин, тетракоин, лидокаин, прокаин обратимо блокируют генерацию нервного импульса.

Блокаторы K^+ каналов – 4-аминопиридин, тетраэтиламмония, некоторые лекарственные средства – аминогликозидные антибиотики, антималярийный препарат сульфат хинина.

Влияние на Ca^{++} каналы нервного окончания

Блокаторы Ca^{++} каналов верапамил, этанол, Mg^{++} , токсин морской улитки. В терапевтических целях используют химические соединения: дигидропирпидины, филалкиламины, бензодиазепины

Нарушение освобождения медиаторов из везикул столбнячный токсин, ботулиновый токсин (причина заболеваний – столбняка и ботулизма).

Влияние на рецепторы постсинаптической мембраны

Блокируют открытие каналов постмембраны **мускарин** (алкалоид грибов мухоморов), **d-туборуарин**, **яд кураре** (который связывается с N-холинорецепторами постсинаптической мембраны и препятствует их взаимодействию с ацетилхолином), **а-бунгаротоксин** (в яде змеи кобры) – необратимо взаимодействует с N-холинорецепторам.

Влияние на ацетилхолинэстеразу (угнетение АХЭ приводит к длительному сохранению АХ и вызывает глубокую деполяризацию и инактивацию рецепторов синапсов)

Эзерин, простигнин, фосфоорганические вещества (их действие необратимо) – формы этих веществ относят к классу химического оружия (газ зарин).

Тормозные медиаторы:

- гамма-аминомасляная кислота (ГАМК)
- таурин
- глицин

Возбуждающие медиаторы:

- аспартат
- глутамат

Оба эффекта:

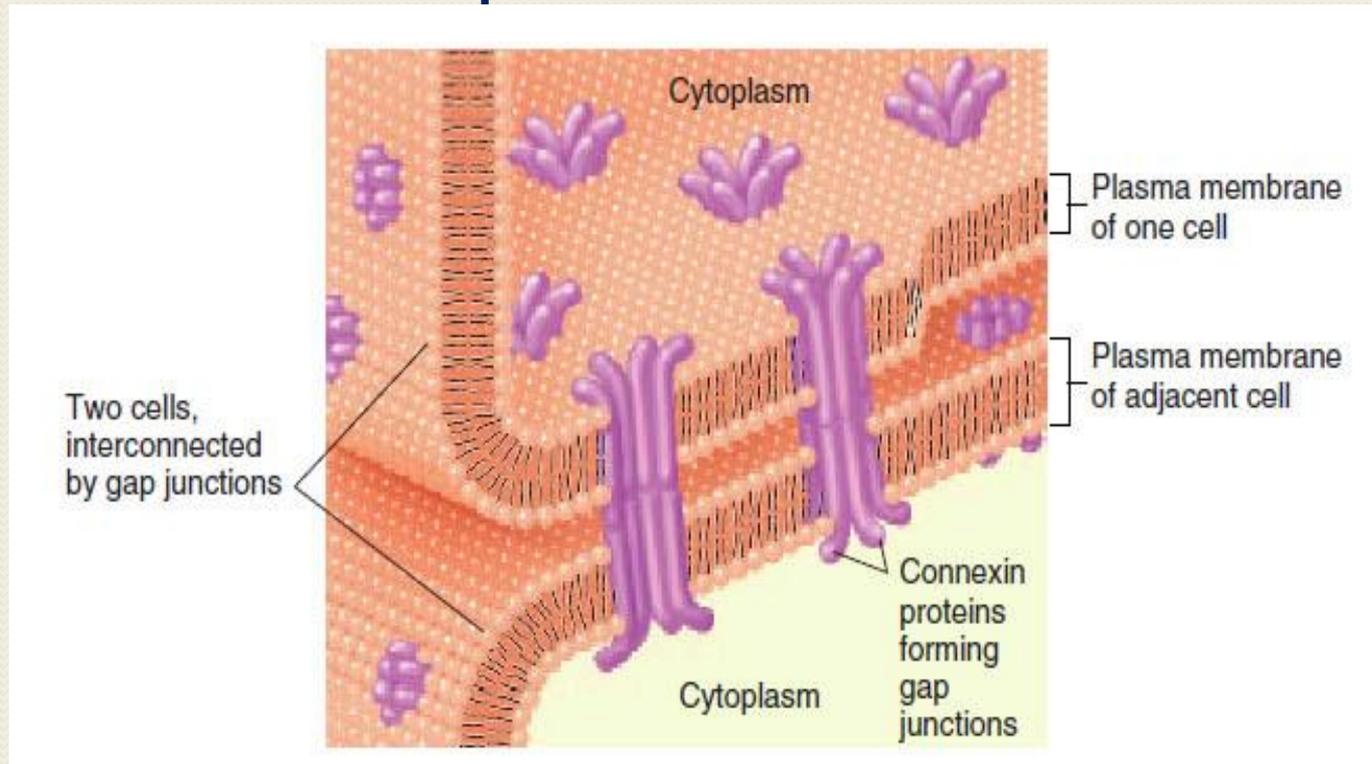
- АХ
- норадреналин
- дофамин
- серотонин

A 3D illustration of a neural network. The neurons are depicted as grey, star-shaped structures with numerous branching processes. Several of these processes are shown as glowing red spheres, indicating active electrical synapses. The background is a light, hazy grey, and the overall scene is lit with a soft, ambient light, giving it a scientific and futuristic appearance.

Схема передачи возбуждения в электрическом синапсе

Механизм синаптической передачи информации в электрическом синапсе

- Мембраны соседних клеток тесно прилегают друг к другу - 2нм
- Специфические белковые комплексы – **коннексоны**, внутри пора, образуется канал
- Сердце, ГМК, в сетчатке глаза, в стволе мозга
- Движение ионов по градиенту концентрации
- ПД без временной задержки (10^{-5}) с
- Проводят ток в обоих направлениях



Общими свойствами возбуждающих электрических синапсов являются:

- быстрое действие (значительно превосходит таковое в химических синапсах»;
- слабость следовых эффектов при передаче возбуждения;
- высокая надежность передачи возбуждения.

5. Рецепторы, их функции, классификация.

Преобразование энергии раздражителя.

Рецепторы – *конечные специфические образования, которые преобразуют энергию раздражителя в электрохимический потенциал и затем в форму нервного возбуждения.*

Классификация рецепторов

1. По характеру ощущений:

- зрительные
- слуховые
- обонятельные
- вкусовые
- осязательные

2. По месту расположения:

- экстерорецепторы — внешние (слуховые, зрительные)
- интерорецепторы — внутренние (вестибулорецепторы, проприорецепторы)

Классификация рецепторов

3. По характеру раздражителя:

- фоторецепторы - (зрительные)
- механорецепторы – (прикосновения и давления)
- терморецепторы – (холодовые и тепловые)
- хеморецепторы – (вкусовые, обонятельные)
- ноцицептивные (болевые)

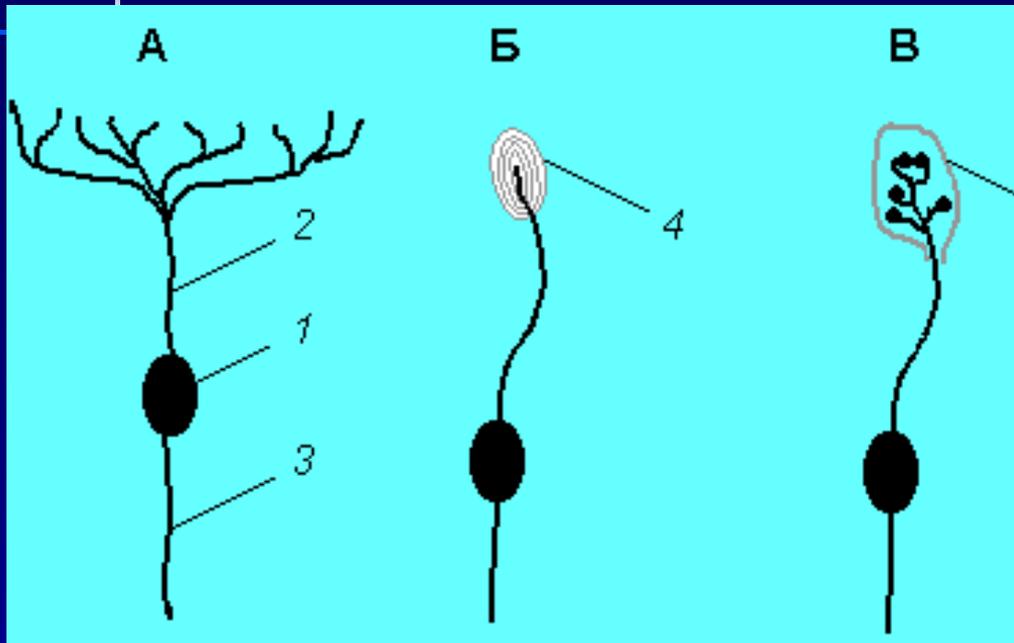
4. По месту расположения раздражителя:

- дистантные - (слуховые, зрительные)
- контактные – (вкусовые, температурные, рецепторы давления)

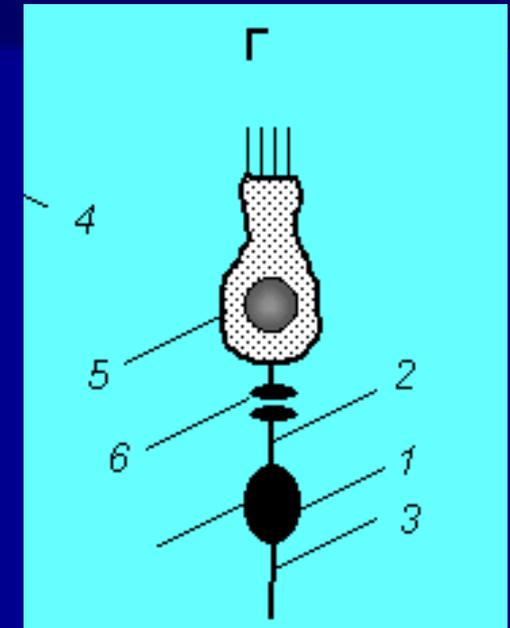
Все рецепторы делят на **первично-чувствующие** преобразование энергии раздражителя в энергию нервного импульса происходит у них в первом нейроне сенсорной системы (обонятельные, тактильные, проприорецепторы).

К **вторично-чувствующим** относятся рецепторы вкуса, зрения, слуха, вестибулярного аппарата. У них между раздражителем и первым нейроном находится специализированная рецепторная клетка, не генерирующая импульсы. Т.о., первый нейрон возбуждается не непосредственно, а через рецепторную, не нервную, клетку.

ПЕРВИЧНЫЕ И ВТОРИЧНЫЕ рецепторы

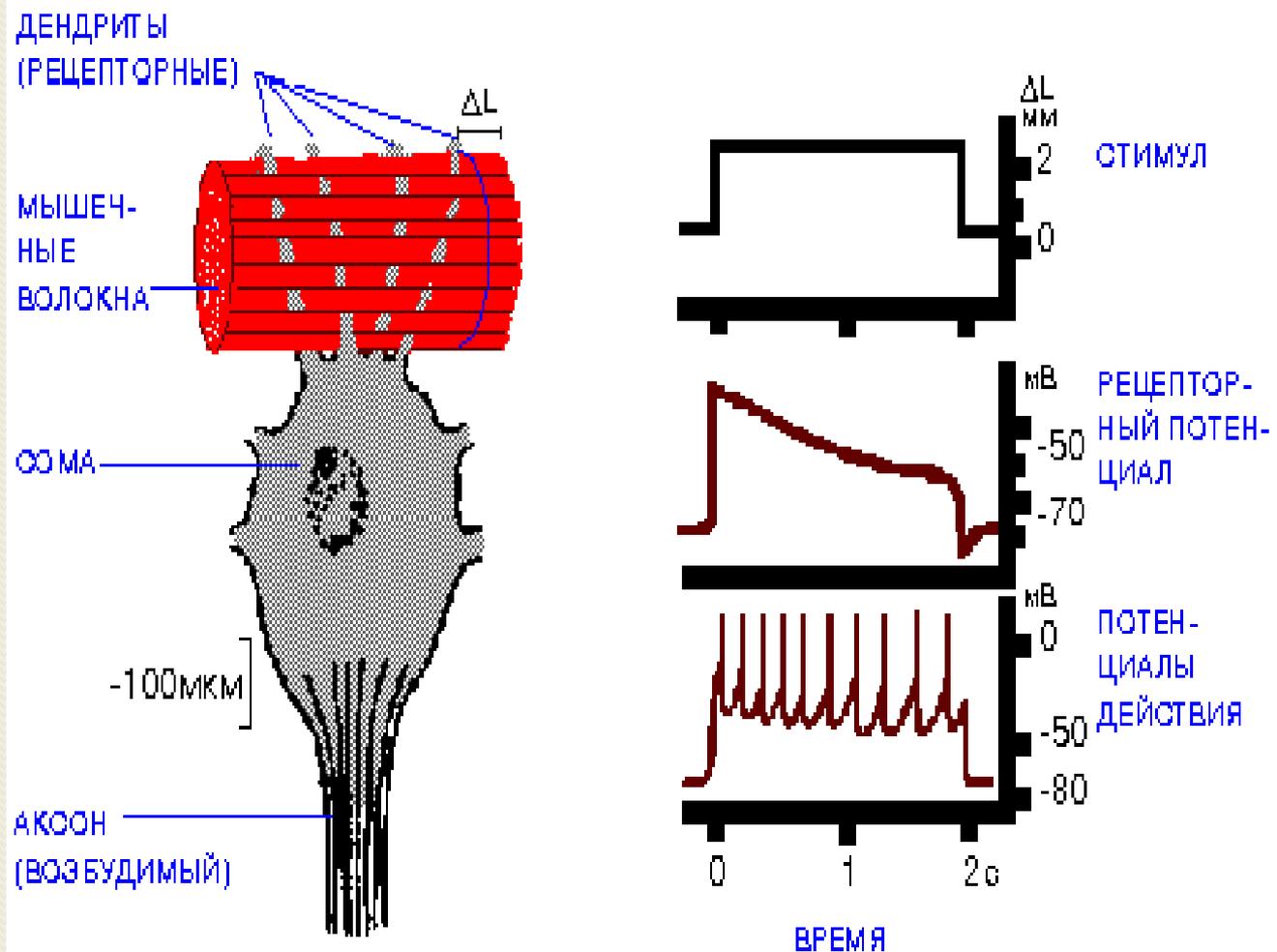


ПЕРВИЧНЫЕ



ВТОРИЧНЫЕ

Схема возникновения РП



Схематическое изображение рецептора растяжения ракообразного и ритмические потенциалы действия, которые возникают в основании аксона под влиянием рецепторного потенциала.

Преобразование энергии раздражителя.

В результате взаимодействия раздражителя и мембраны рецептора возникает рецепторный потенциал (РП). Каким образом это происходит?

При контакте раздражителя с мембраной рецептора происходит увеличение проницаемости мембраны для ионов натрия и он входит в чувствительное окончание, которое деполяризуется и возникает рецепторный потенциал.

Первичная трансформация стимула в рецепторный потенциал называется преобразованием. РП возбуждает начальный сегмент чувствительного нерва и возникает нервный импульс в первично-чувствующих рецепторах, частота которых зависит от силы РП.

У вторично-чувствующих рецепторов при формировании РП рецепторная клетка выделяется медиатор, который приводит к образованию генераторного потенциала (ГП) на постмембране нейрона с последующим возникновением нервного импульса.

Последовательность событий от нанесения стимула до возникновения

ПД:
В первично-чувствующих рецепторах:

Стимул → деполяризация
мембраны терминали → РП → ПД

Во вторично-чувствующих:

Стимул → деполяризация
мембраны терминали → РП →
выделение медиатора →
генераторный потенциал (ГП) → ПД

A photograph of a traditional wooden building with a thatched roof and a water wheel in a courtyard. The building has white walls with a textured, stone-like pattern. A window with a dark wooden frame is visible. A water wheel is mounted on a wooden frame, and water is flowing from it. The courtyard is paved with wooden planks and has some greenery. The text "Спасибо за внимание" and "До свидания" is overlaid on the image.

Спасибо за внимание
До свидания