

**Нейрофизиология -  
специальный раздел  
физиологии, изучающий  
функции нервной системы и ее  
основных структурных единиц  
– нейронов.**

# Современные методы исследования физиологии головного мозга

- **электрофизиологические методы исследования** : метод вызванных потенциалов; электроэнцефалография.
- **томографические методы исследования**: метод магнитно-резонансной томографии (МРТ); метод позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) .
- **нейробиологические методы исследования**
- **нейропсихологические методы исследования**

# Метод вызванных потенциалов



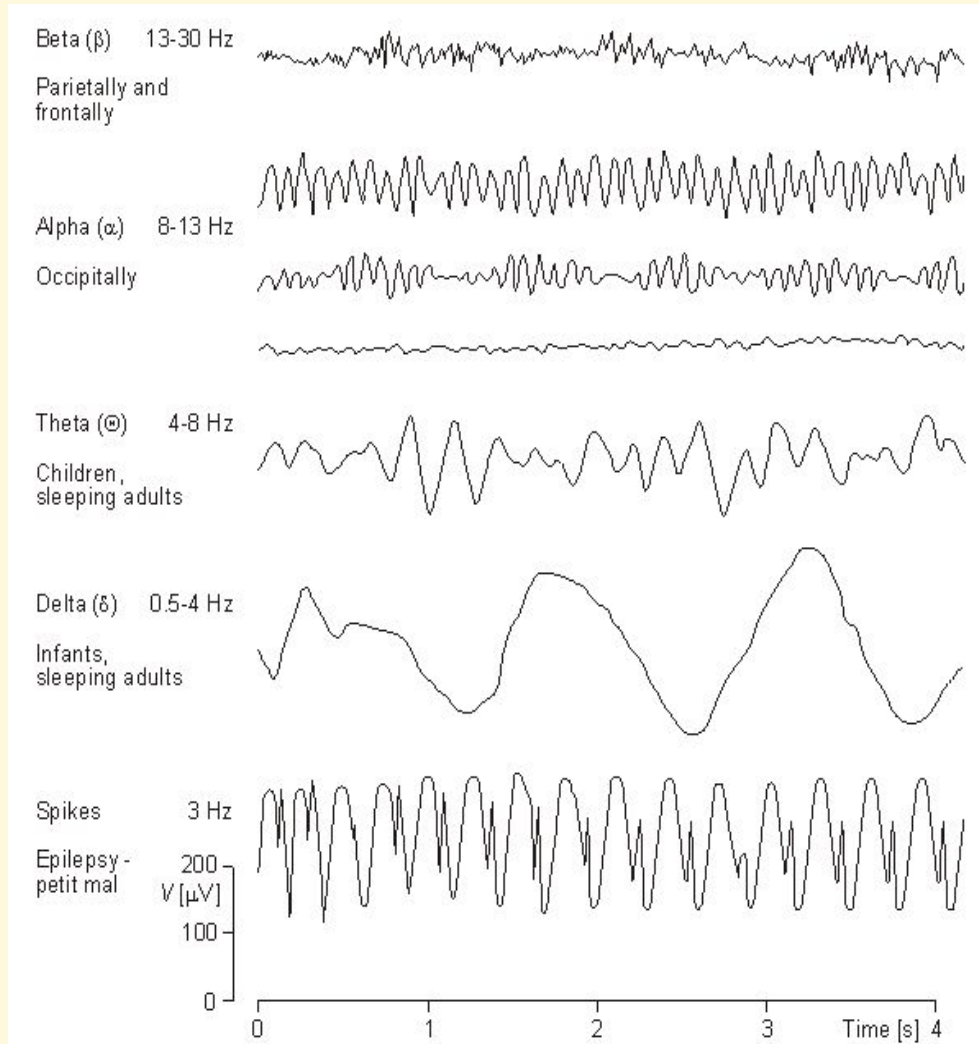
**(ВП)** - метод регистрации ответов различных структур головного и спинного мозга на внешние стимулы, а также оценки проведения по восходящим путям центральной нервной системы. В зависимости от модальности предъявляемых стимулов применяются следующие виды вызванных потенциалов: зрительные, слуховые, соматосенсорные, когнитивные.

# Электрoэнцефалoграфия



**ЭЭГ** - метод исследования биоэлектрической активности различных отделов головного мозга (анализ эпилептической и пароксизмальной активности, оценка степени функциональной зрелости головного мозга и др.).

# Основные ритмы электроэнцефалограмм:



ЭЭГ исследование является ключевым в диагностике таких патологических состояний головного мозга, как эпилепсия, эпилептоидные абсансы и другие подобные заболевания, а также в исследовании физиологии сна.



# Метод магнитно-резонансной томографии



Головной мозг облучают электромагнитным полем, применяя для этого специальный магнит. Под действием магнитного поля диполи жидкостей мозга (например, молекулы воды) принимают его направление. После снятия внешнего магнитного поля диполи возвращаются в исходное состояние, при этом возникает магнитный сигнал, который улавливается специальными датчиками.

# Изображение мозга человека на медицинском ЯМР-томографе



Затем сигнал обрабатывается с помощью мощного компьютера и методами компьютерной графики отображается на экране монитора. Благодаря тому, что внешнее магнитное поле, создаваемое внешним магнитом, можно сделать плоским, таким полем как своеобразным «хирургическим ножом» можно «резать» головной мозг на отдельные слои. На экране монитора ученые наблюдают серию последовательных «срезов» головного мозга, не нанося ему никакого вреда.

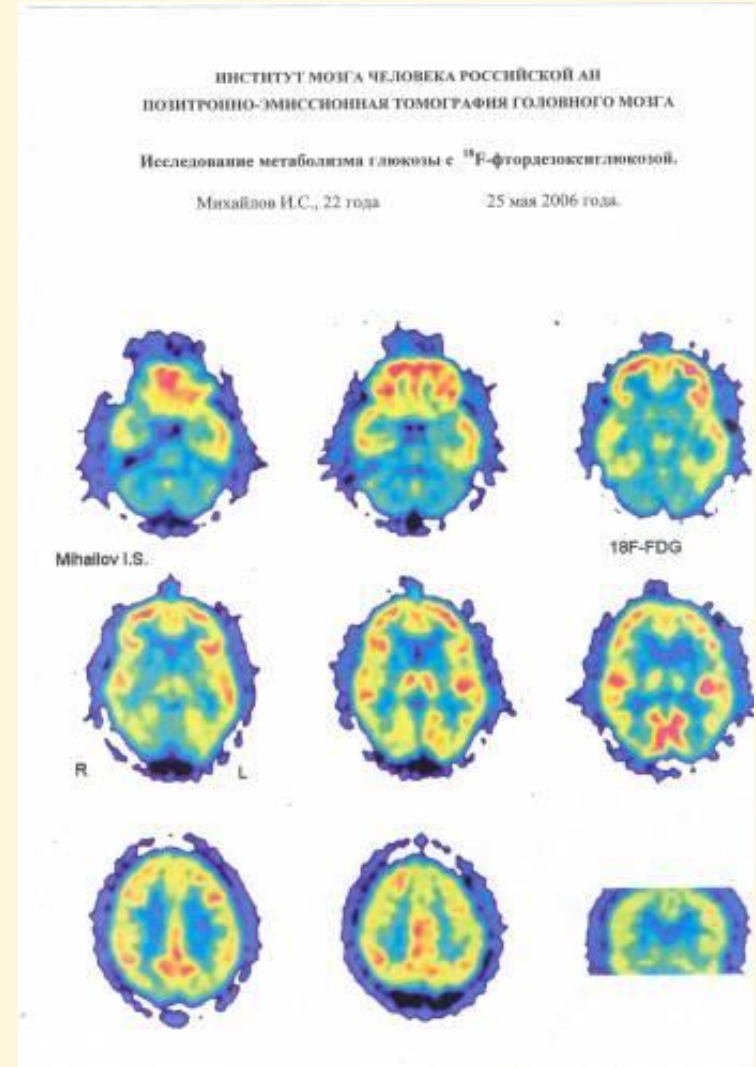
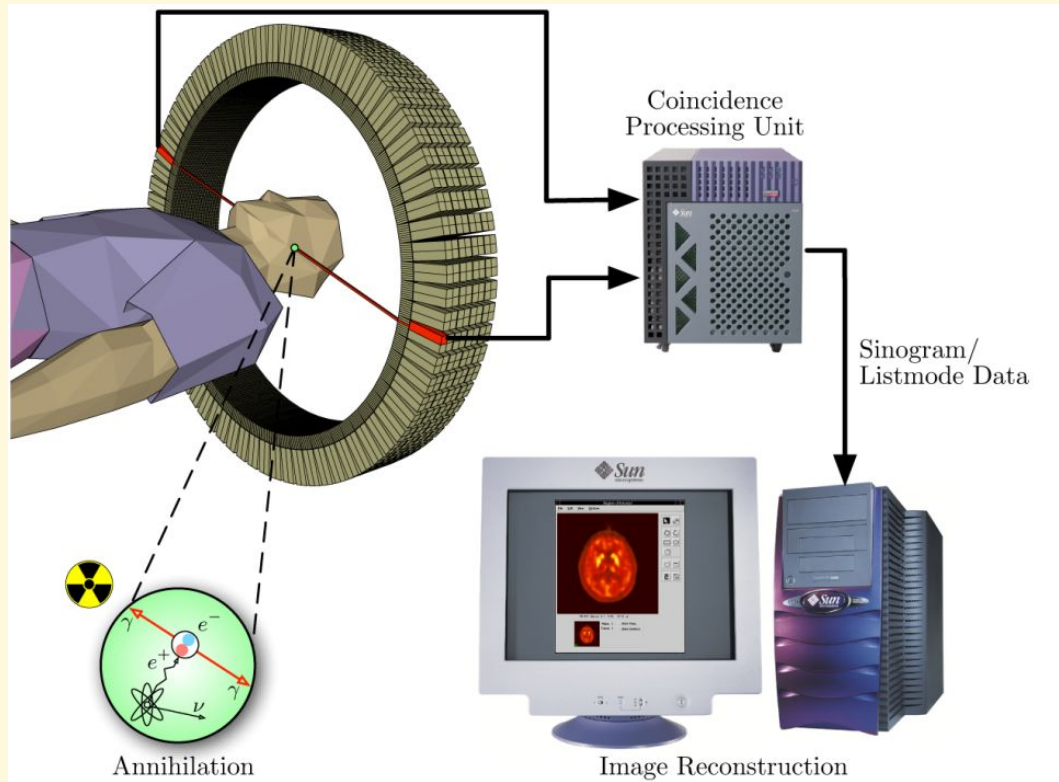
# Метод позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)



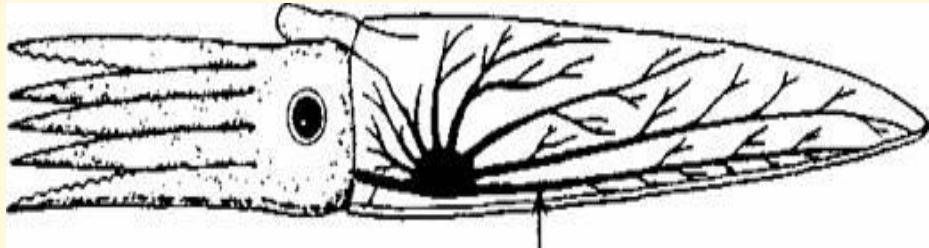
Исследование основано на введении в мозговую кровотоки позитрон-излучающего короткоживущего изотопа. Данные о распределении радиоактивности в мозге собираются компьютером в течение определенного времени сканирования и затем реконструируются в трехмерный образ.



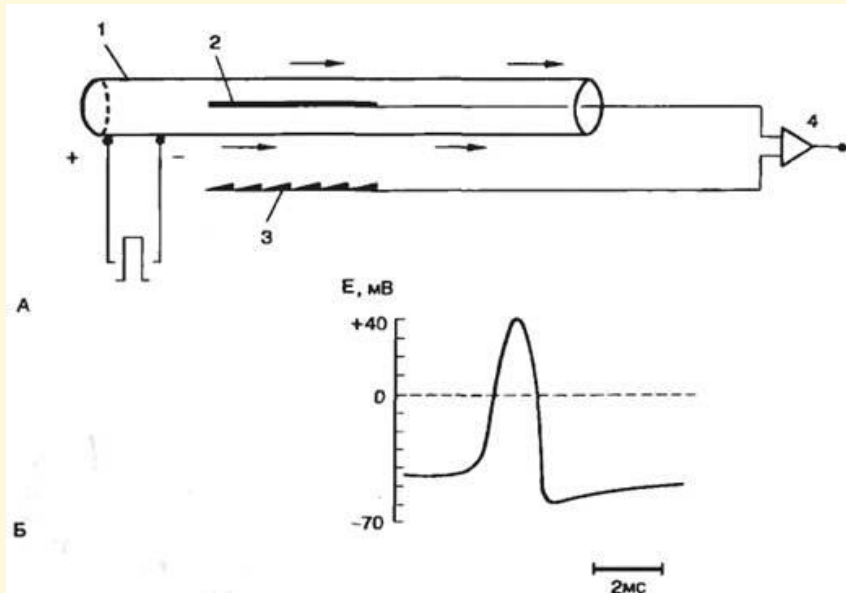
# Позитронно-эмиссионная томография



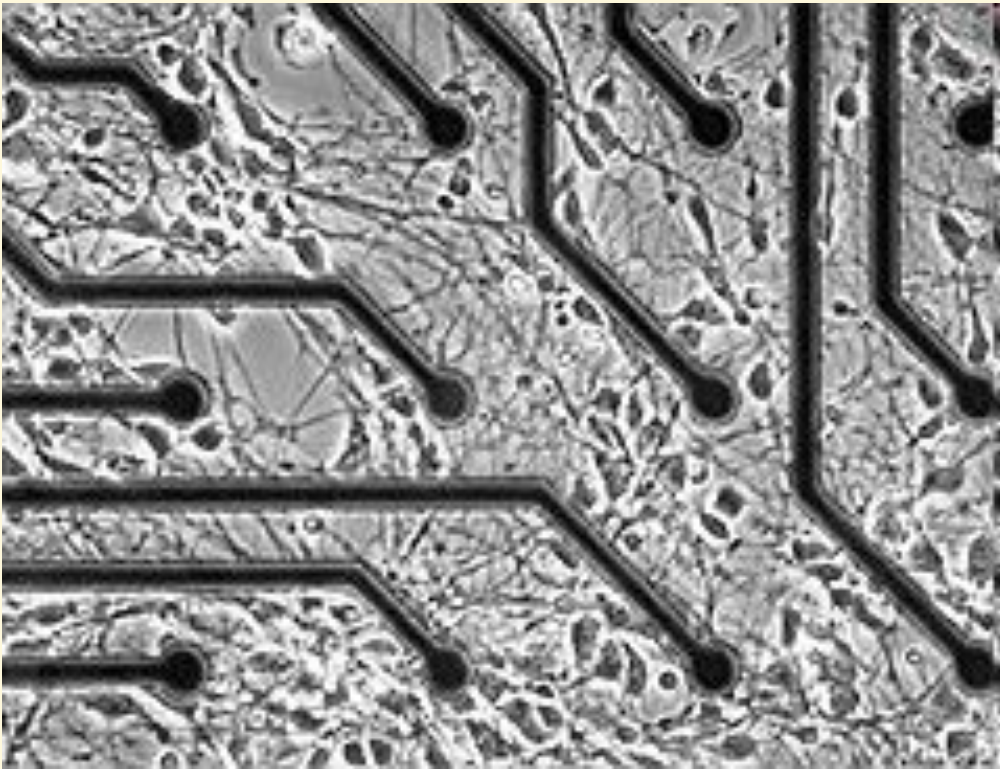
# Нейробиологические методы исследования



- Классический объект современной нейрофизиологии - головоногий моллюск кальмар и нервное волокно (так называемый гигантский аксон), на котором были выполнены классические исследования по физиологии возбудимых мембран.



# Нейробиологические методы исследования



Применение прижизненных срезов головного мозга новорожденных крысят и культуры нервной ткани, выращенную в лаборатории.

Культура нервной ткани, извлеченной из мозга крысы и высеянная на чашку Петри с впаянными в дно мультиканальными электродами.

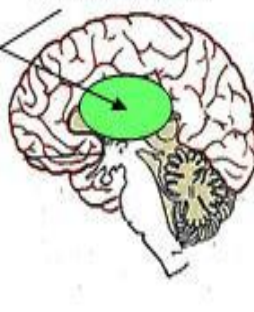
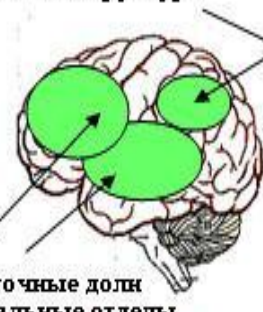
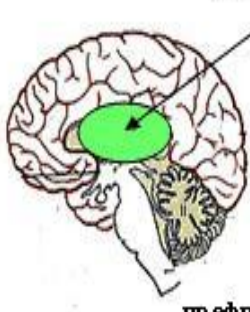
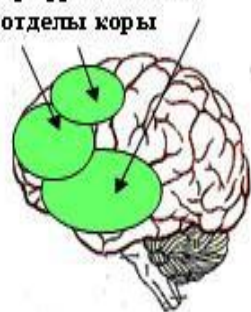
# Нейропсихологический метод исследования

Кататонические приступы Галлюциаторно-бредовые приступы

премоторные и префронтальные отделы коры

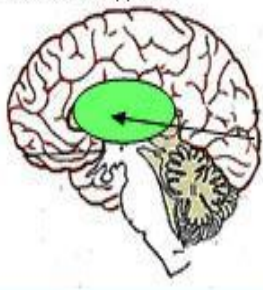
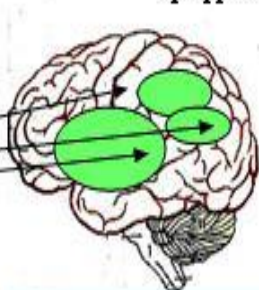
Подкорковые и лимбические структуры

Теменные доли



височные доли  
префронтальные отделы

Теменно-затылочно-височная область



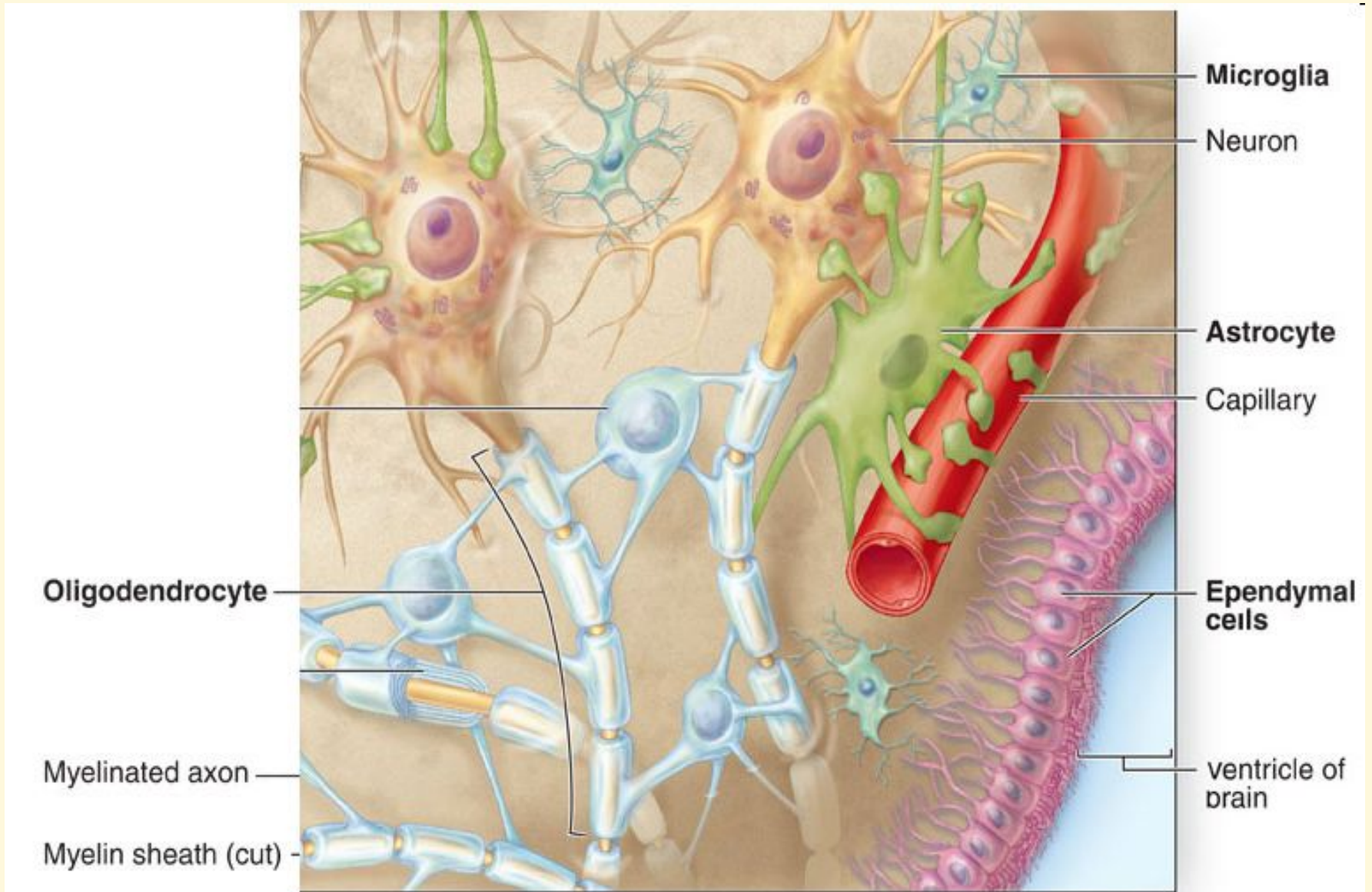
Подкорковые и лимбические структуры

Аффективно-бредовые приступы

Метод представляет собой сочетание приемов психологического обследования с физиологическим исследованием человека с поврежденным ГОЛОВНЫМ МОЗГОМ.



# Нейроглия в ЦНС





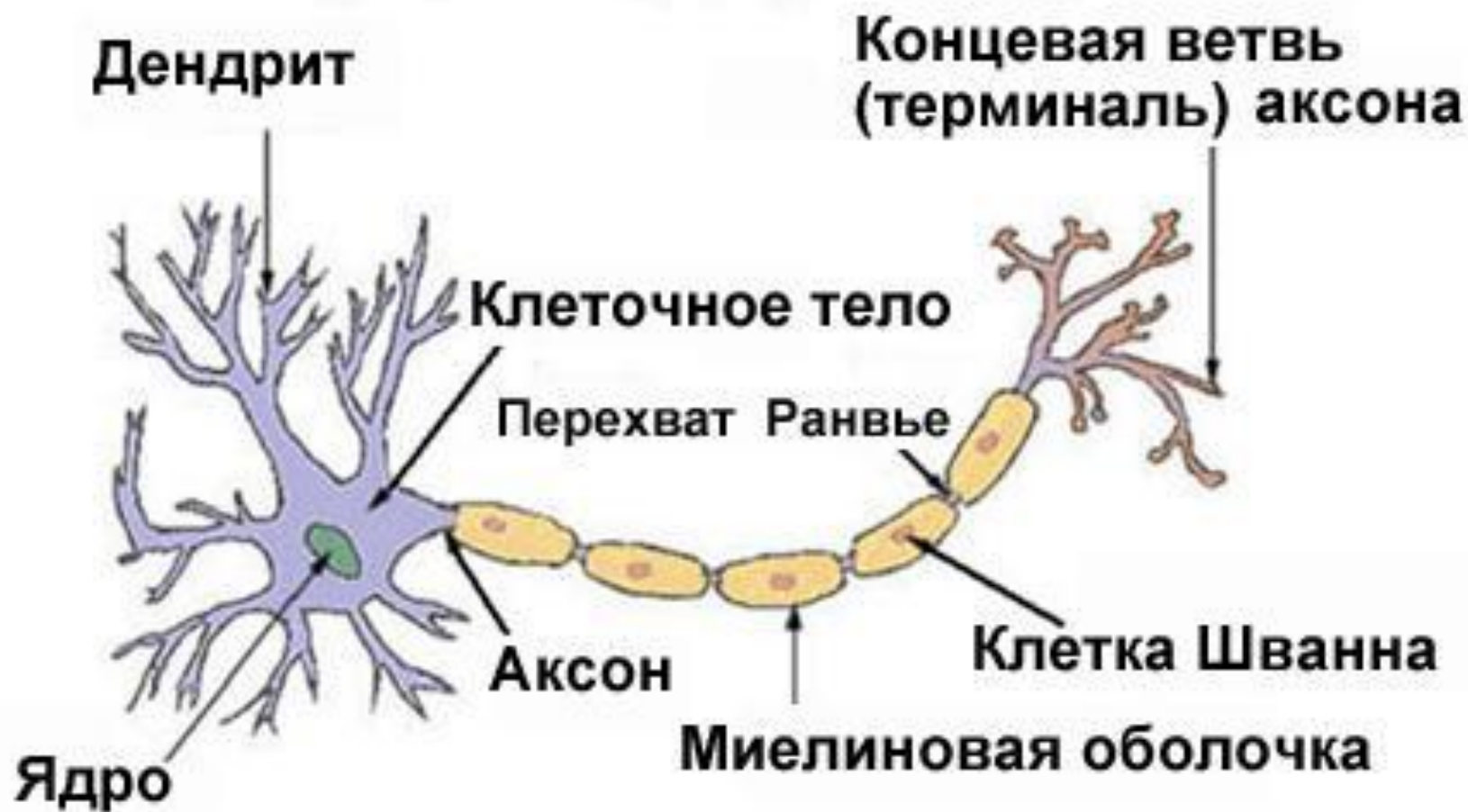
# **Функциональная единица нервной системы - нейрон**



# Основные положения нейронной теории

1. Нейрон – основная анатомическая единица нервной ткани (НТ).
2. Нейрон – гистогенетическая единица НТ. Каждый тип нейронов развивается в онтогенезе из строго определенной группы клеток в определенное время. После окончания дифференцировки нейроны не делятся.
3. Нейрон – функциональная единица НТ. Н. работает как одно целое. Нейроны образуют систему функциональных связей с др. нейронами с помощью синапсов. С этим положением связан принцип функциональной полярности нейронов.
4. Нейроны уникальны в химическом отношении. Принцип Дейла: каждый нейрон синтезирует и выделяет из всех своих синапсов определенный медиатор или набор медиаторов. Хемоархитектоника мозга.
5. Нейрон – трофическая единица НТ. Нейроны нуждаются в постоянном обновлении компонентов цитоплазмы и мембран. Чрезвычайно высокий уровень обмена веществ.
6. Нейрон – патолого-гистологическая единица нервной ткани. Индивидуальная реакция отдельных нейронов на различные воздействия (травмы, интоксикации и т.п.). Единство патологических реакций нейрона - на повреждение реакция идет по всей клетке, пусть даже повреждена только какая-либо часть клетки.

# Типичная структура нейрона





## **Основные функции нейрона:**

*Нейроны — специализированные клетки, способные принимать, обрабатывать, кодировать, передавать и хранить информацию, организовывать реакции на раздражения, устанавливать контакты с другими нейронами, клетками органов.*

*Уникальными особенностями нейрона являются способность генерировать электрические разряды и передавать информацию с помощью специализированных окончаний — синапсов.*

# **Основные функциональные классы нейронов**

**Чувствительные нейроны** (сенсорные, рецепторные) – несут информацию от периферии к центру в виде последовательности разрядов ПД, в которых кодируются физические и другие параметры стимула.

**Интернейроны** – действуют на другие нейроны посредством постсинаптических возбуждающих или тормозных потенциалов.

**Двигательные нейроны** (моторные, эффекторные) – посылающие эфферентные аксоны для активации мышц.



# ***Физиологические свойства нервных клеток:***

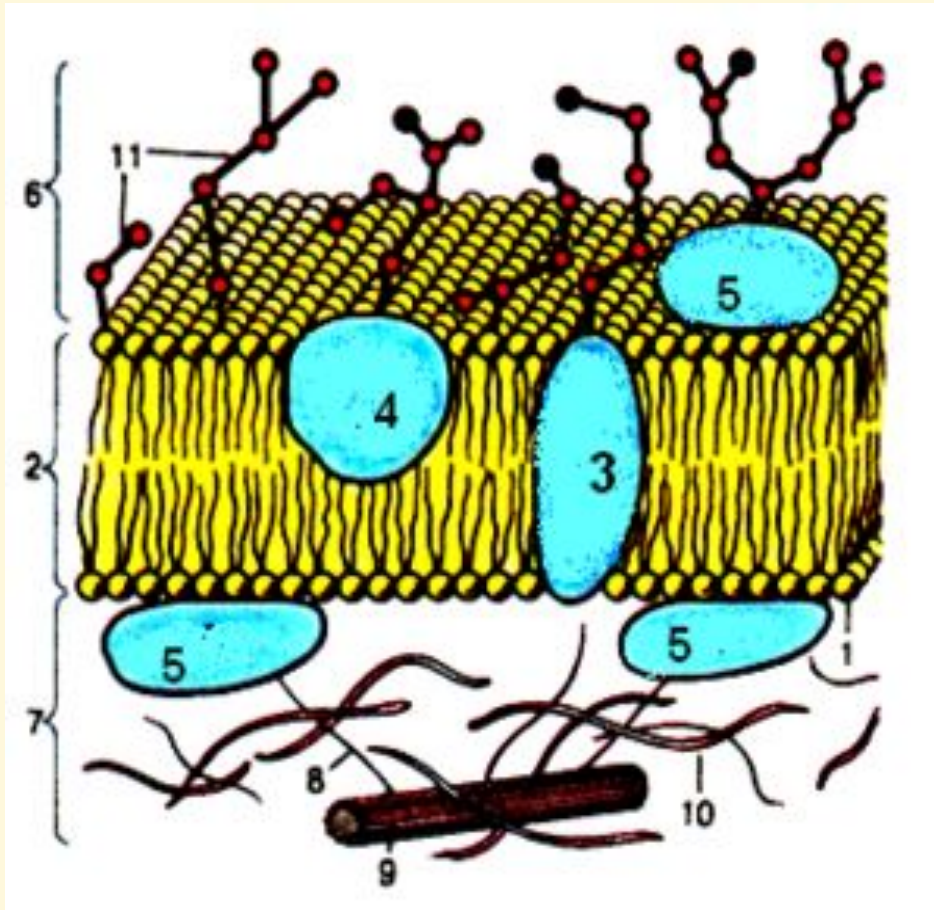
- **Раздражимость** – способность живых клеток реагировать на воздействия внешней среды
- **Возбудимость** – свойство клеточных мембран отвечать на действие адекватных раздражителей специфическими изменениями ионной проницаемости и мембранного потенциала.

# ***Все ткани организма в зависимости от свойств клеточных мембран делятся на***

- Электровозбудимые;
- Хемовозбудимые;
- Механовозбудимые.

В основе возбуждения лежат электрические процессы.

# Схема строения клеточной мембраны:

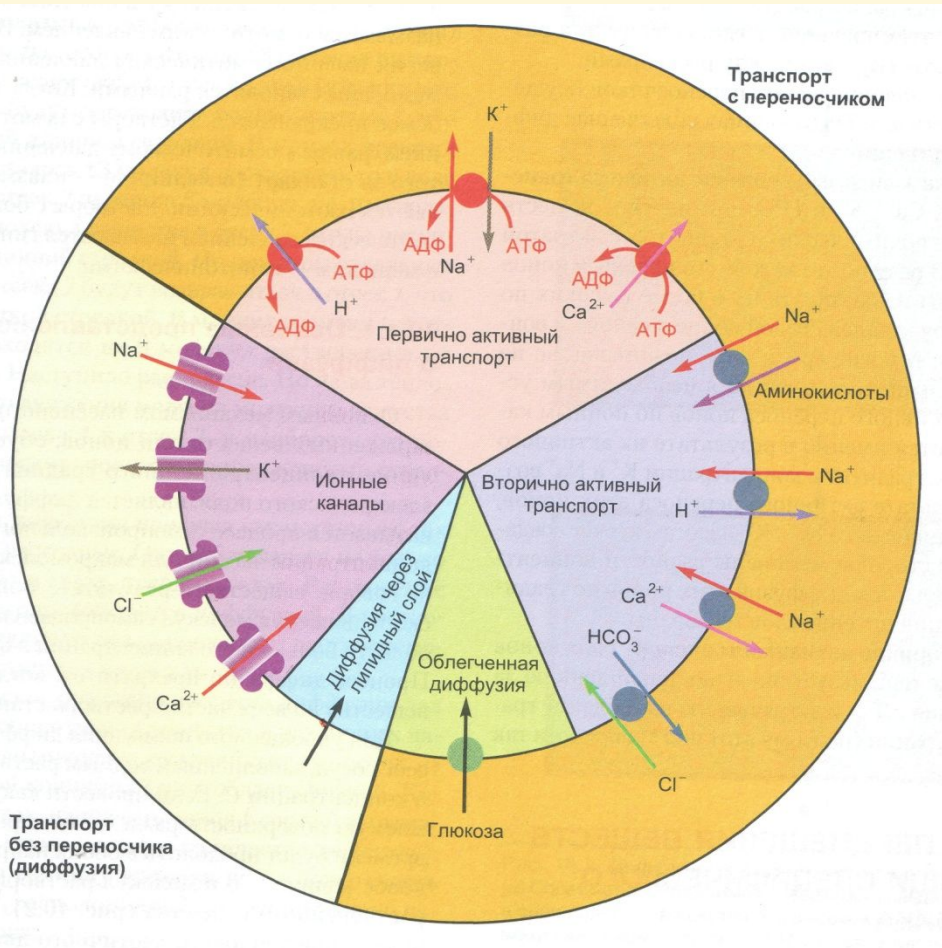


1. молекула липида;
2. липидный бислой;
3. интегральные белки;
4. полуинтегральные белки;
5. периферические белки;
6. гликокаликс;
7. субмембранный слой;
8. актиновые микрофиламенты;
9. микротрубочки;
10. промежуточные филаменты;
11. углеводные части молекул гликопротеинов и гликолипидов

# Функции мембран

- Мембрана – граница между внутренней и внешней средами клетки, отличающимися по физико-химическим показателям;
- Участие в процессах обмена веществ благодаря наличию встроенных ферментных систем;
- Регуляция физиологических процессов, протекающих в клетке (на мембранах расположены рецепторы, воспринимающие сигналы извне и преобразующие их в команды, регулирующие внутренние процессы)

# Пути проникновения веществ через мембрану клетки



Существуют 2 принципиальных механизма перемещения веществ через мембрану:

1. простая диффузия
2. при помощи переносчиков, встроенных в мембрану.

*К простой диффузии относят:*

- перенос через липидный бислой;
- пассивный транспорт через ионные каналы;
- движение воды через мембрану (осмос).

*Перемещение при помощи переносчиков осуществляется:*

- путем облегченной диффузии;
- путем первичноактивного транспорта;
- путем вторичноактивного транспорта.

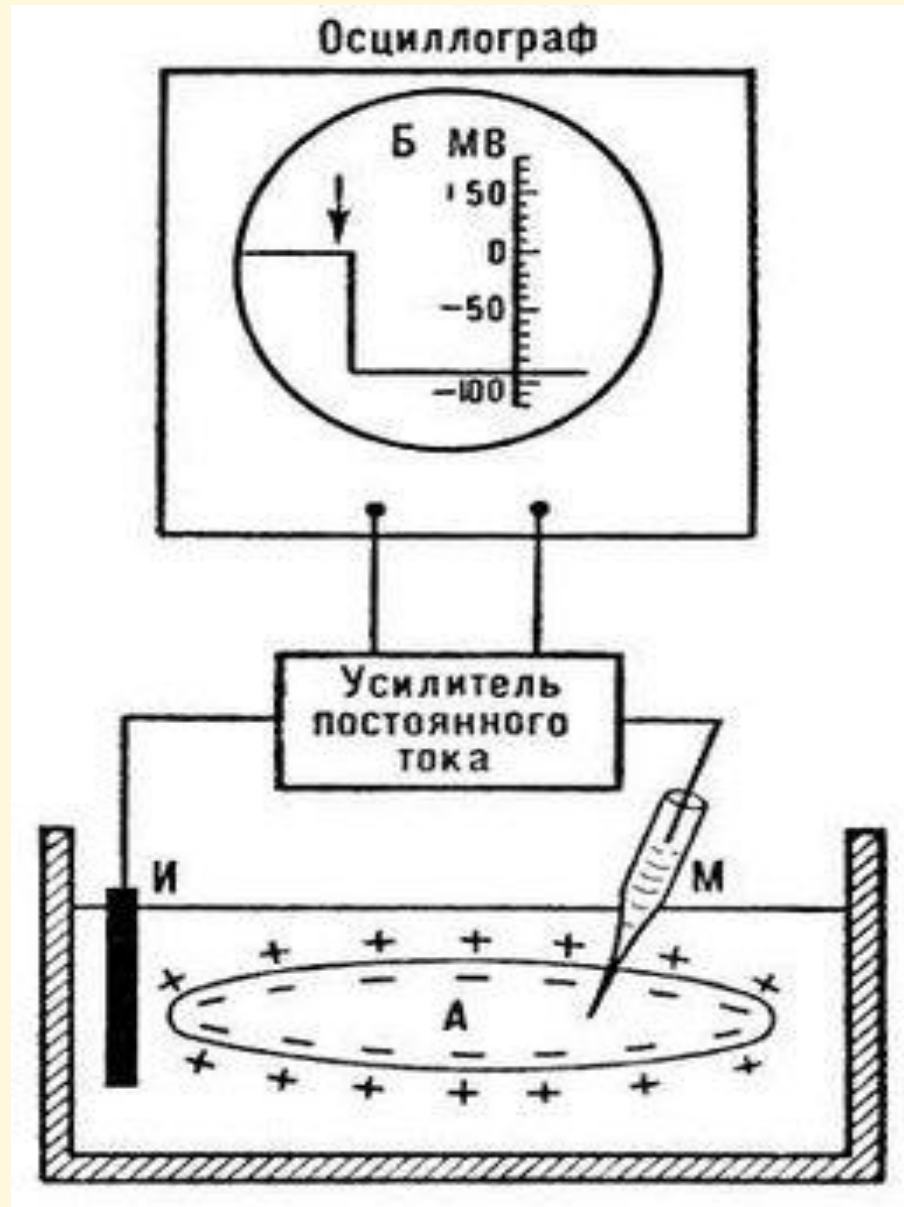


# Потенциал покоя

**ПП** - это разность электрических потенциалов между внутренней и наружной сторонами мембраны, когда клетка находится в состоянии физиологического покоя. Его средняя величина составляет  $-70$  мВ (милливольт), то есть внутренняя сторона мембраны заряжена отрицательно по отношению к наружной.

Важно также понимать, что в нервной системе электрические заряды создаются не электронами, как в металлических проводах, а ионами - химическими частицами, имеющими электрический заряд. Электрический ток в организме и его клетках - это поток ионов, а не электронов, как в проводах.

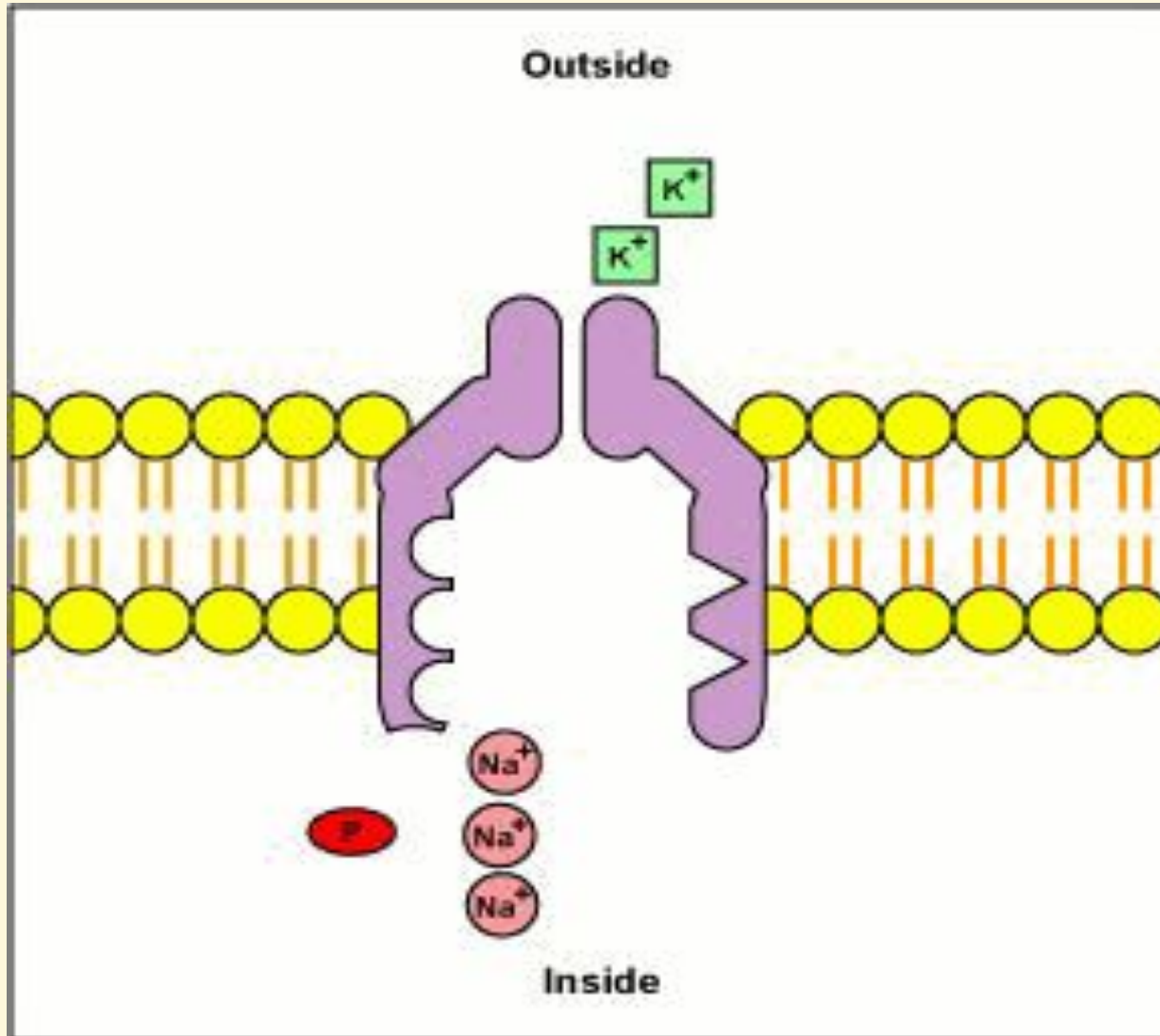
# Регистрация потенциала покоя



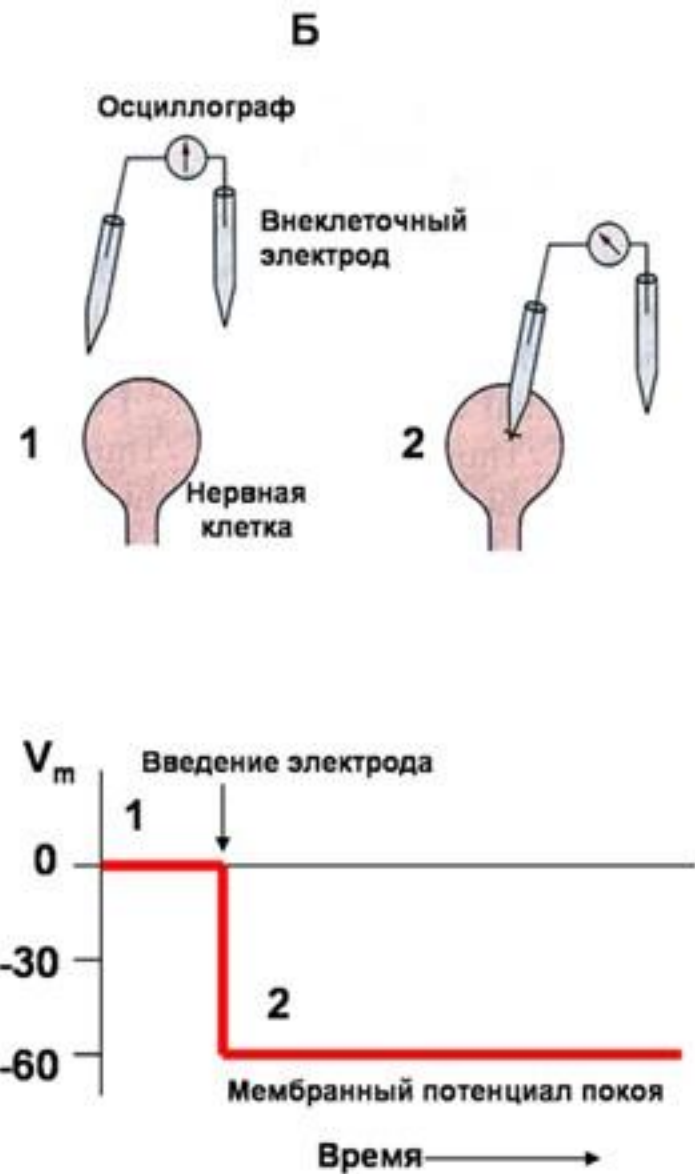
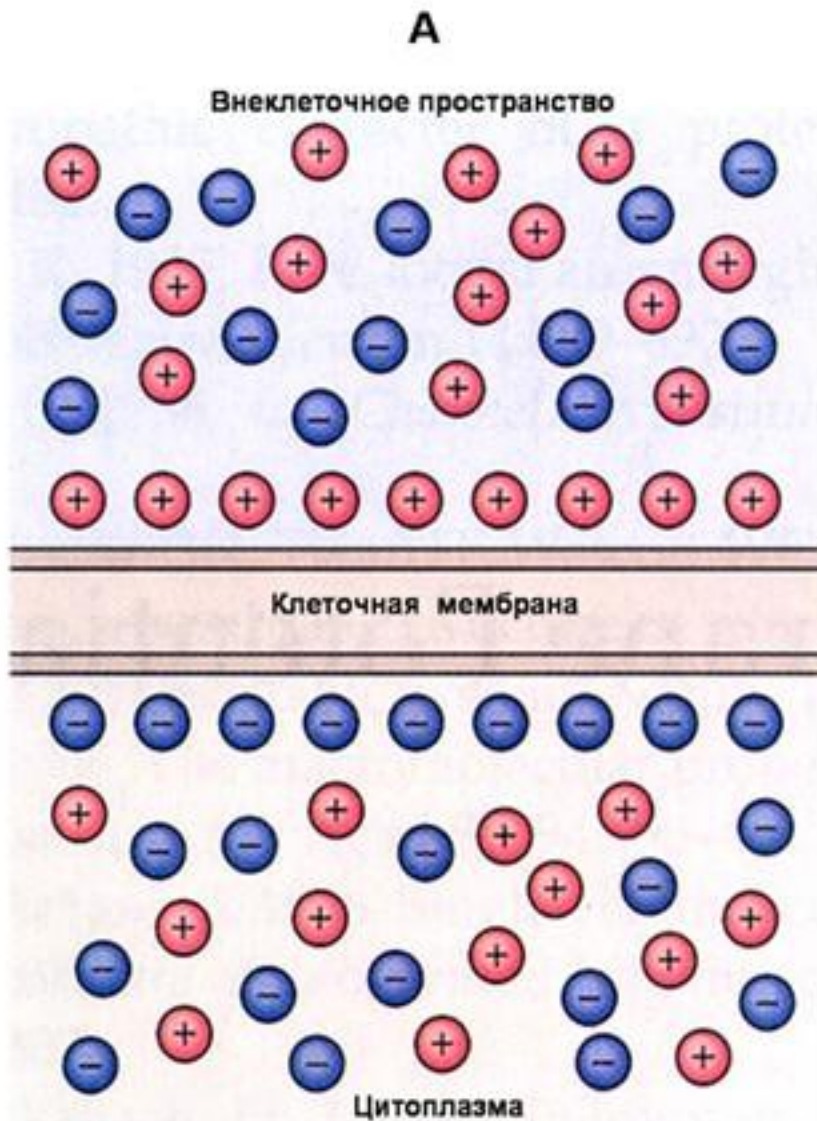
# Потенциал покоя создается

- ❑ Во-первых, за счет работы АТФ-зависимого **Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> насоса** (асимметричного обмена Na<sup>+</sup> на K<sup>+</sup> в соотношении 3 : 2 ). В результате :
  - содержание ионов натрия (Na<sup>+</sup>) в клетке в 50 раз меньше, чем снаружи;
  - содержание ионов калия (K<sup>+</sup>) в клетке в 30 раз выше, чем снаружи;
  - на мембране появляется слабый электрический потенциал (-10 мВ).
- ❑ Во-вторых, **благодаря утечки ионов K<sup>+</sup> из клетки**. Ионы калия K<sup>+</sup> покидая клетку, уносят с собой из неё положительные заряды, доводя отрицательность до -70 мВ.

# АТФ-зависимый $\text{Na}^+/\text{K}^+$ насос



# Потенциал покоя





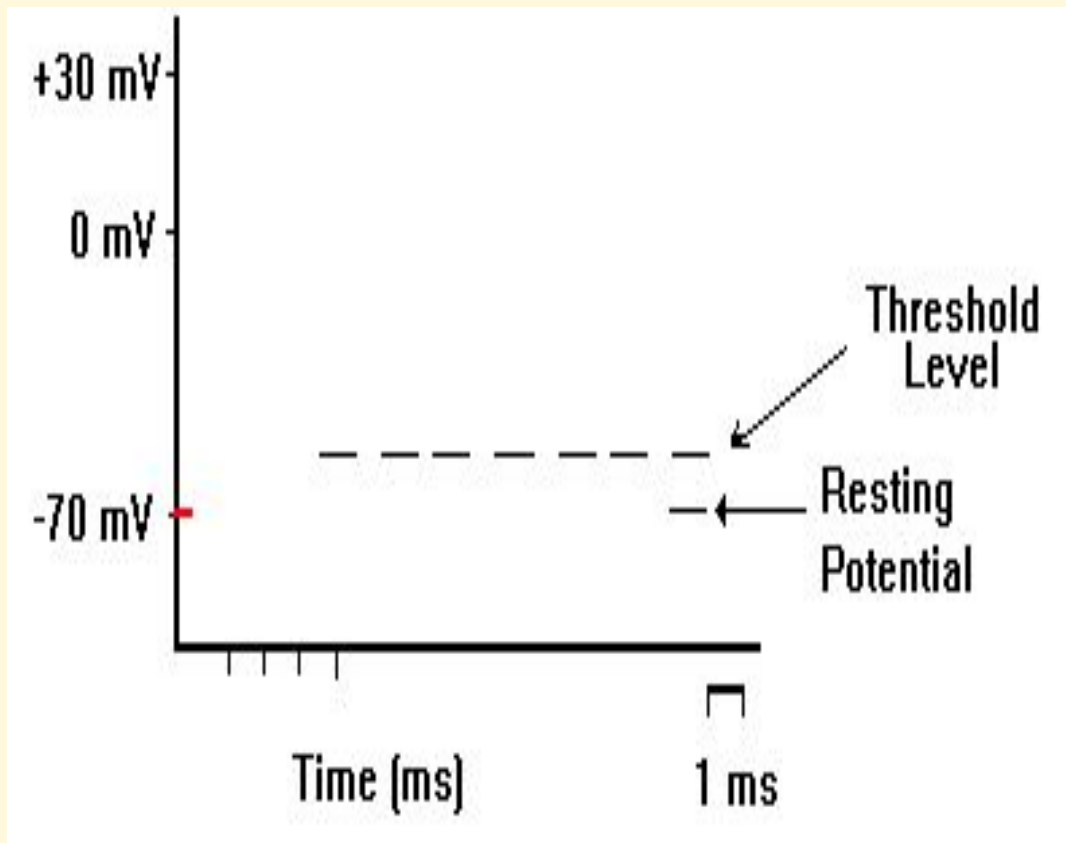
# ***Основные виды электрических ответов нервных клеток:***

- Локальный ответ;
- Потенциал действия;
- Возбуждающий и тормозной постсинаптические потенциалы;
- Генераторный потенциал.

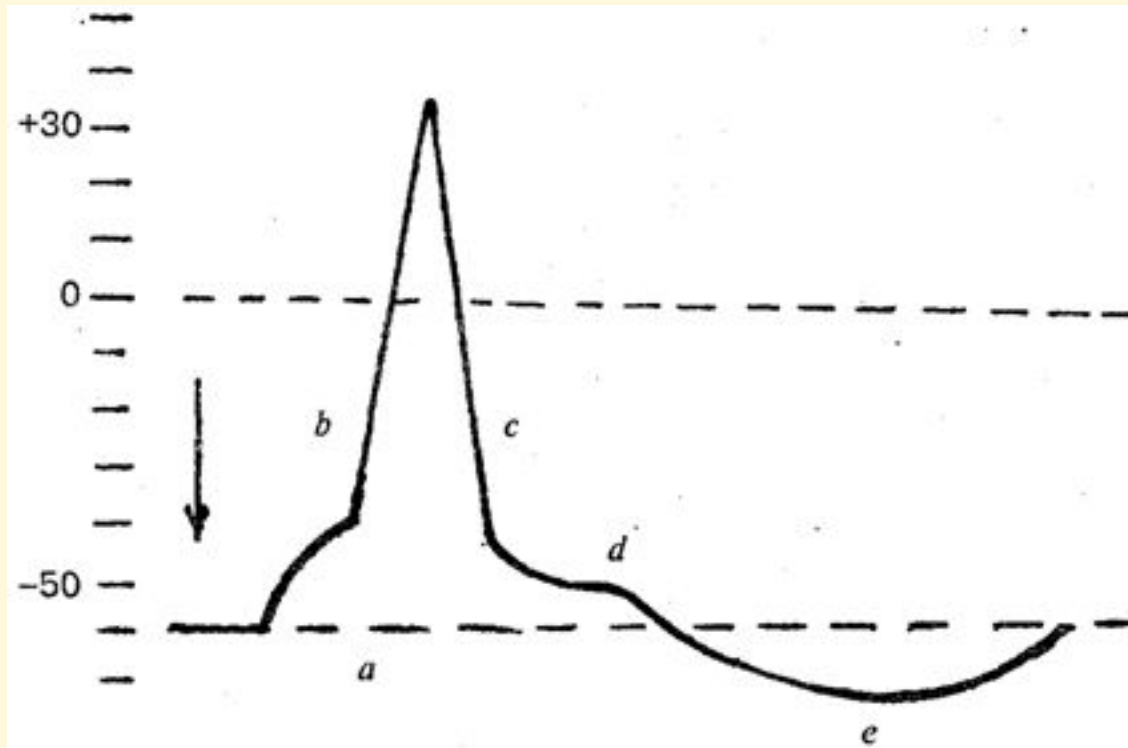
В основе всех этих потенциалов лежат обратимые изменения проницаемости мембраны для определенных токов.

# *Потенциал действия*

**ПД** - быстрое колебание мембранного потенциала, возникающее при возбуждении нервных и мышечных клеток (волокон), основанное на быстро обратимых изменениях ионной проницаемости клеточной мембраны, связанных с активацией и инактивацией ионных мембранных каналов. **В нервных волокнах восходящая фаза ПД связана с активацией быстрых натриевых каналов (БНК), а нисходящая фаза — с инактивацией БНК и активацией калиевых каналов (КК).**



# Потенциал действия



- а - локальный ответ; b,с – спайк (b - фаза деполяризации, с - фаза реполяризации); d,e - следовые колебания ( d - отрицательный следовой потенциал; e - положительный следовой потенциал).

# Фазы потенциала действия

- **Предспайк** — процесс медленной деполяризации мембраны до критического уровня деполяризации (местное возбуждение, **локальный ответ**).
- **Пиковый потенциал, или спайк**, состоящий из восходящей части (деполяризация мембраны) и нисходящей части (реполяризация мембраны).
- **Отрицательный следовой потенциал** — от критического уровня деполяризации до исходного уровня поляризации мембраны (следовая деполяризация).
- **Положительный следовой потенциал** — увеличение мембранного потенциала и постепенное возвращение его к исходной величине (следовая гиперполяризация).



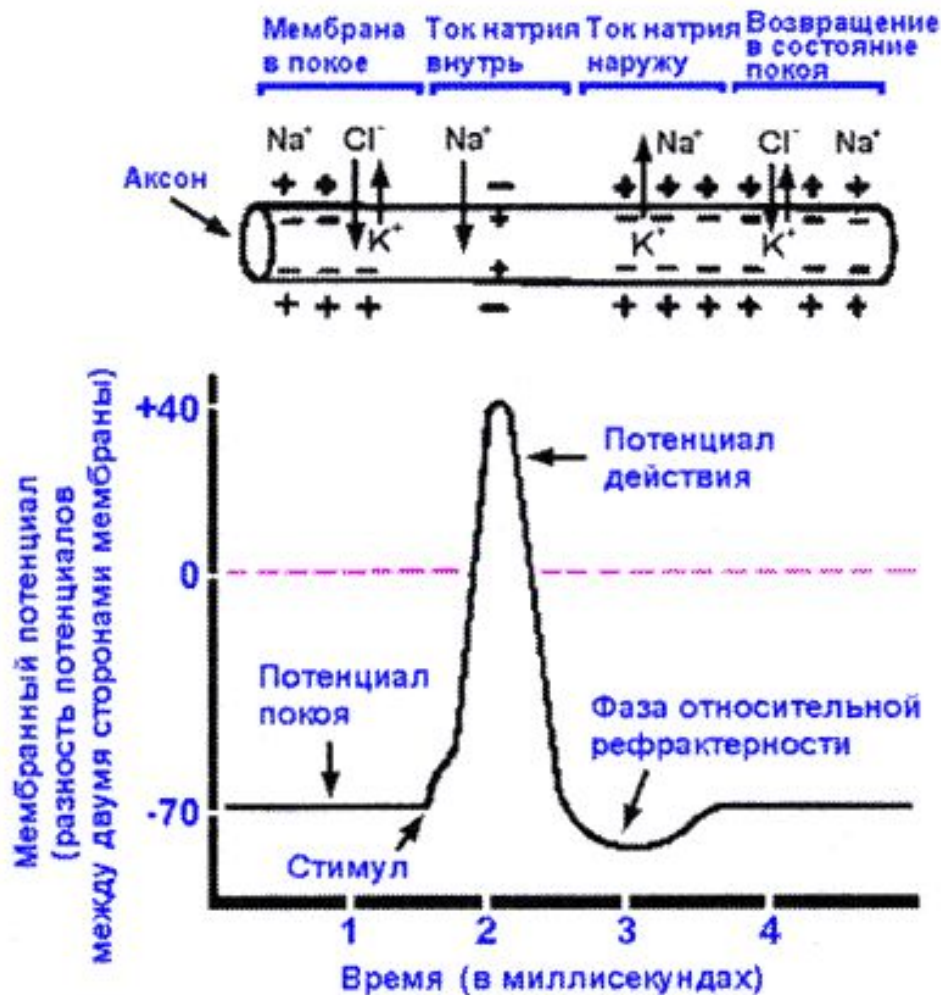
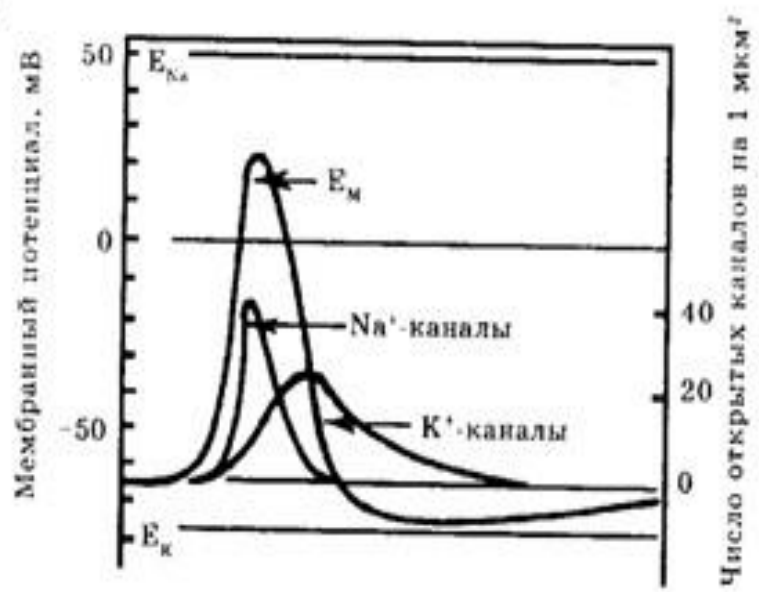


Рис. 128. Потенциал действия. Развитие потенциала действия, сопровождающееся изменением электрического напряжения (от -70 до +40 мВ), обусловлено восстановлением равновесия между положительными и отрицательными ионами по обе стороны мембраны, проницаемость которой на короткое время увеличивается (по Ж. Годфруа)

*a*



*б*



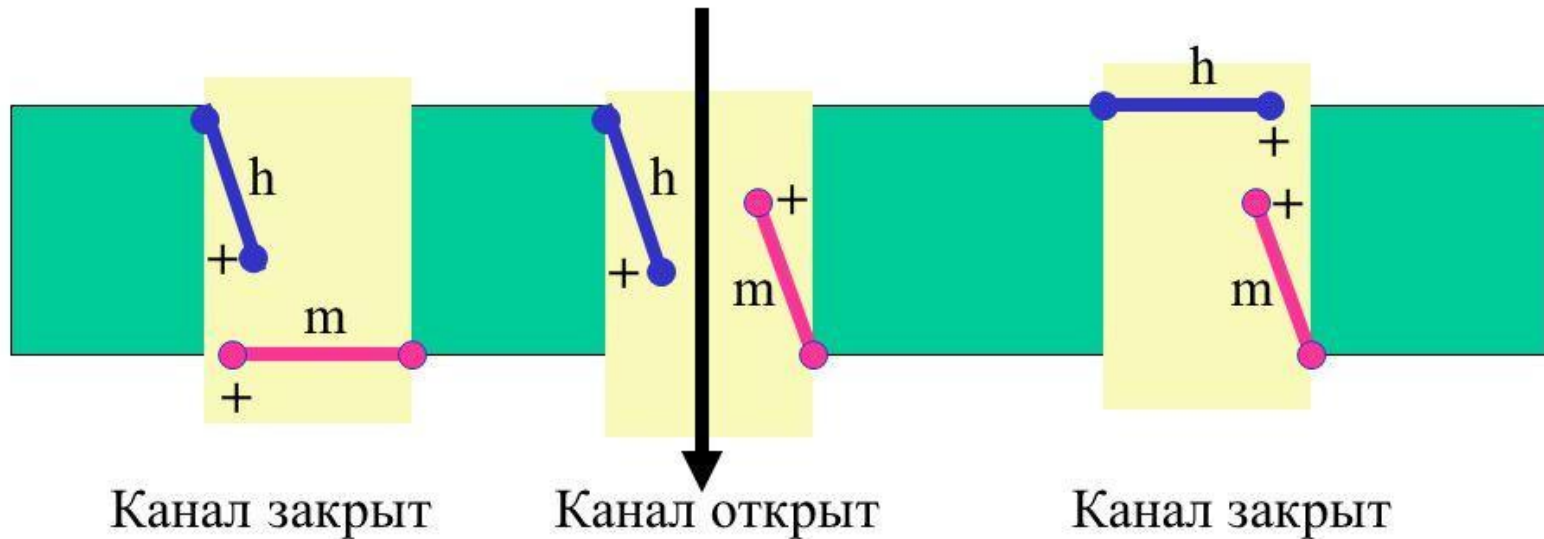
# Натриевый канал

## Состояния

ПОКОЯ

АКТИВАЦИИ

ИНАКТИВАЦИИ



Канал закрыт

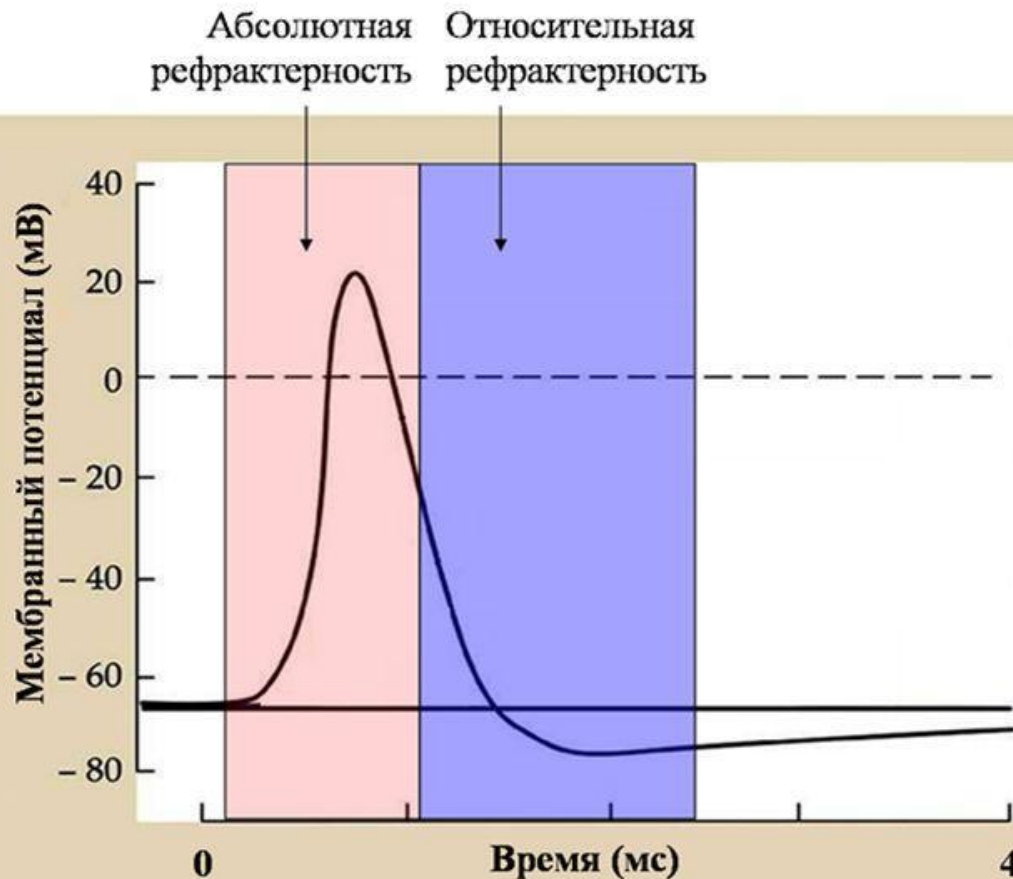
Канал открыт

Канал закрыт

$h$ ,  $m$  - независимые подвижные диполи (ворота)

## Рефрактерность –

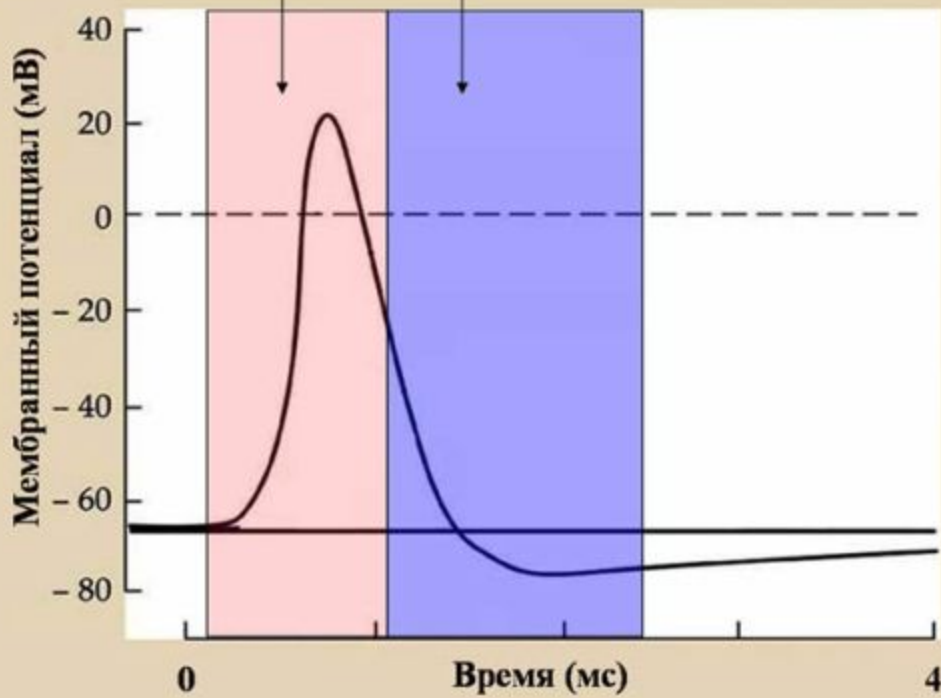
Снижение способности клетки отвечать на раздражение в результате временной инактивации натриевых каналов



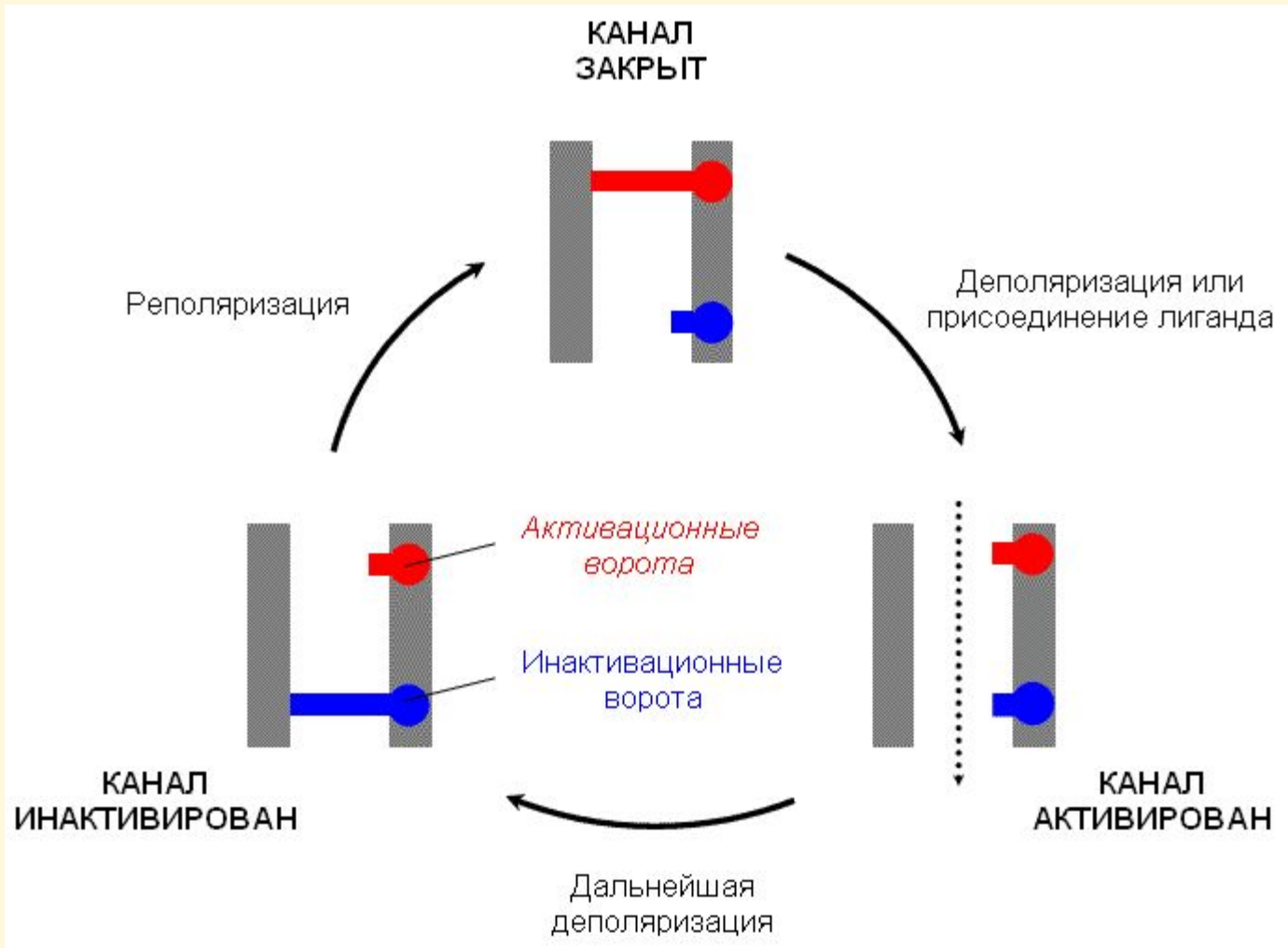
Абсолютная рефрактерность – генерация ПД невозможна

Относительная рефрактерность – генерация ПД возможна при увеличении интенсивности раздражителя, т.к. некоторая часть каналов для  $\text{Na}^+$  еще инактивирована

Абсолютная рефрактерность      Относительная рефрактерность







## ***Закон «всё-или-ничего»***

- Согласно закону **«всё-или-ничего»** мембрана клетки возбудимой ткани либо не отвечает на стимул совсем, либо отвечает с максимально возможной для неё на данный момент силой. То есть, если стимул слишком слаб и порог не достигнут, потенциал действия не возникает совсем; в то же время, пороговый стимул вызовет потенциал действия такой же амплитуды, как и стимул, превышающий пороговый.

# ***Возбудимость нейрона***

Порог возбудимости аксонного холмика - 10 мВ,  
тела клетки - 50 мВ;

Величина потенциала покоя составляет - 70-120  
мВ; Длительность спайка - 1-2 мс;

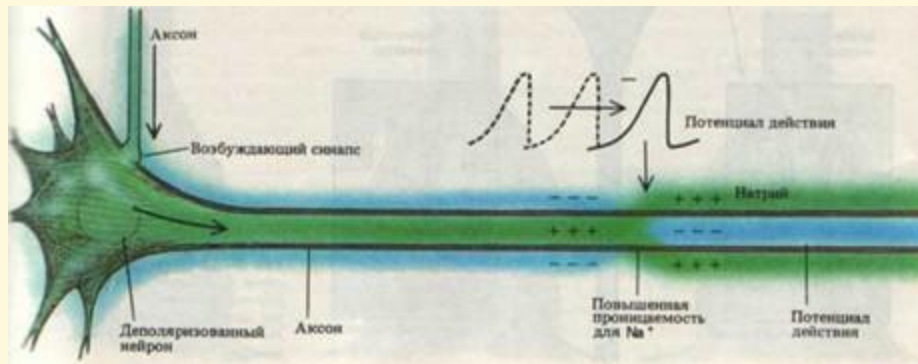
Длительность следовой  
электроотрицательности - 4-6 мс;

Длительность следовой  
электроположительности - 30-40 мс;

Лабильность нейронов в среднем 400 ПД/с,  
интернейронов спинного мозга до 1000 ПД/с.

# Проводимость нейрона

Скорость проведения по нейрону зависит от строения нервного волокна (наличия, отсутствия миелиновой оболочки) и его диаметра. Миелиновые волокна проводят нервный импульс со скоростью 5-120 м/с;; Немиелинизированные нервные волокна – 0,5-2 м/с.

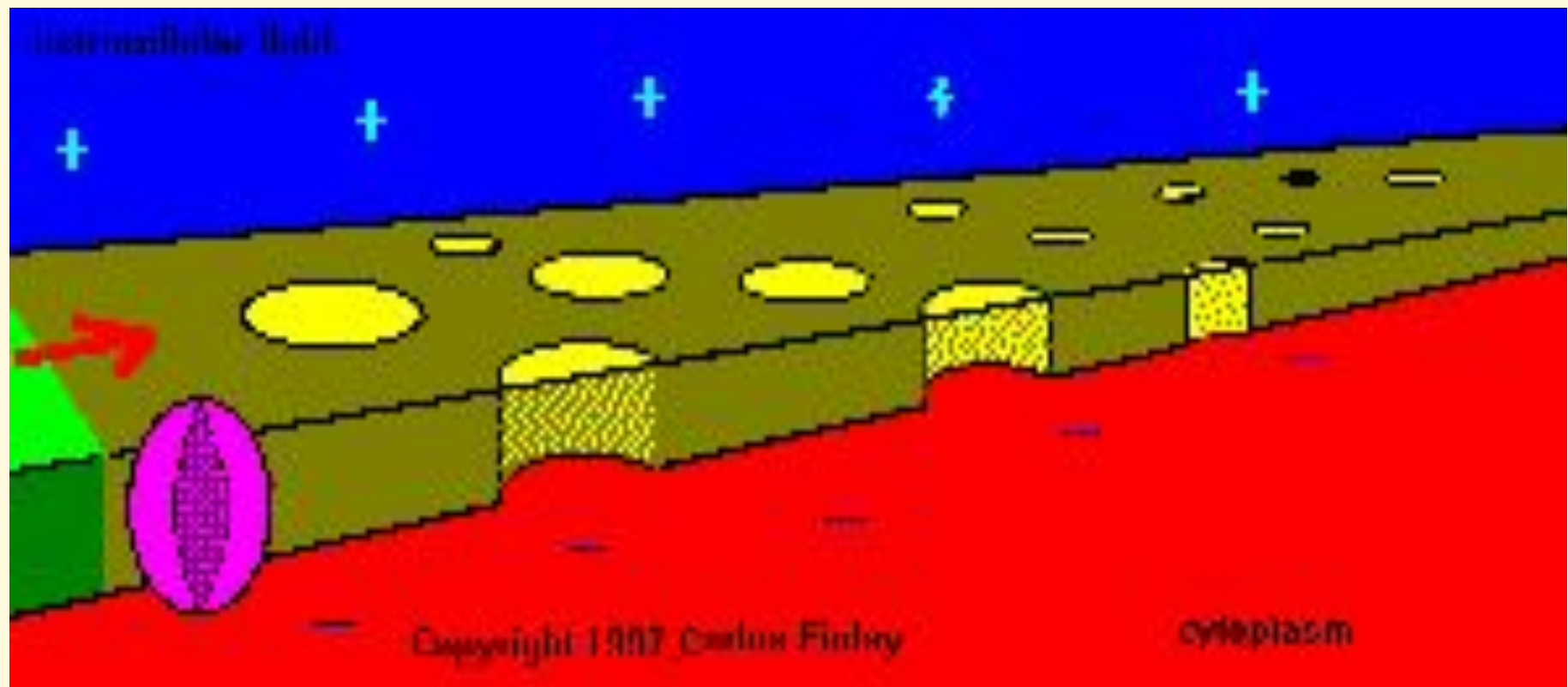


## Распространение потенциала действия по немиелинизированным волокнам

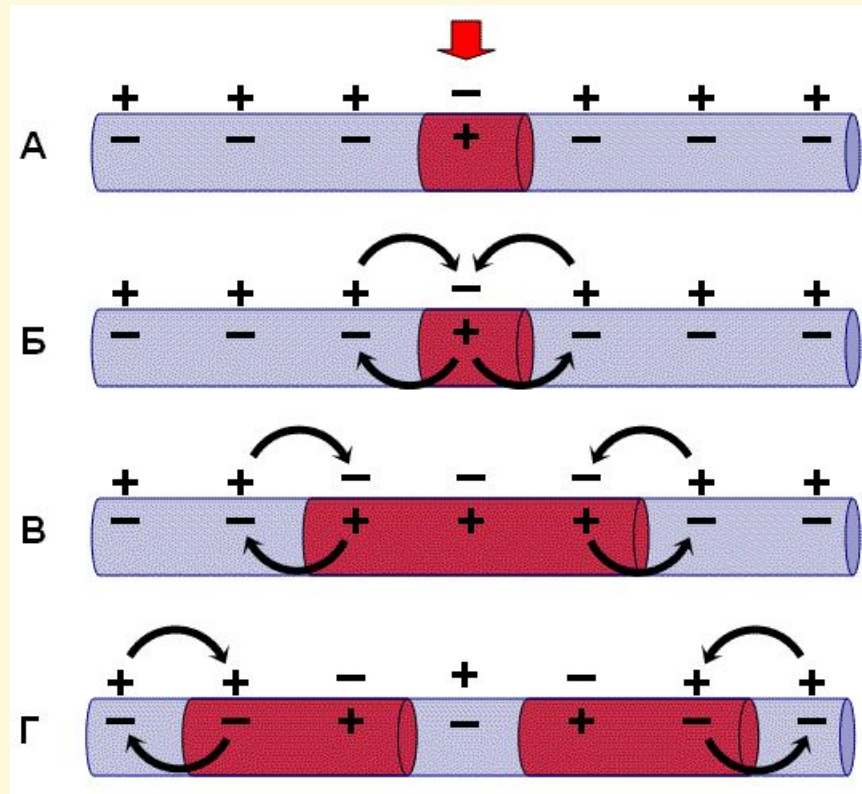
По немиелинизированному волокну ПД распространяется непрерывно.

**Возбуждение распространяется за счет малых круговых токов**, которые возникают между возбужденными и невозбужденными участками мембраны. Ток при этом распространяется от «+» заряда к «—». В результате развивается деполяризация соседнего участка, увеличивается его проницаемость для ионов Na и появляется потенциал действия. В исходной же зоне возбуждения, находящейся в периоде рефрактерности, восстанавливается потенциал покоя. Затем возбуждением охватывается следующий участок мембраны и т. Возбуждение постепенно охватывает соседние участки осевого цилиндра и так распространяется до конца аксона.

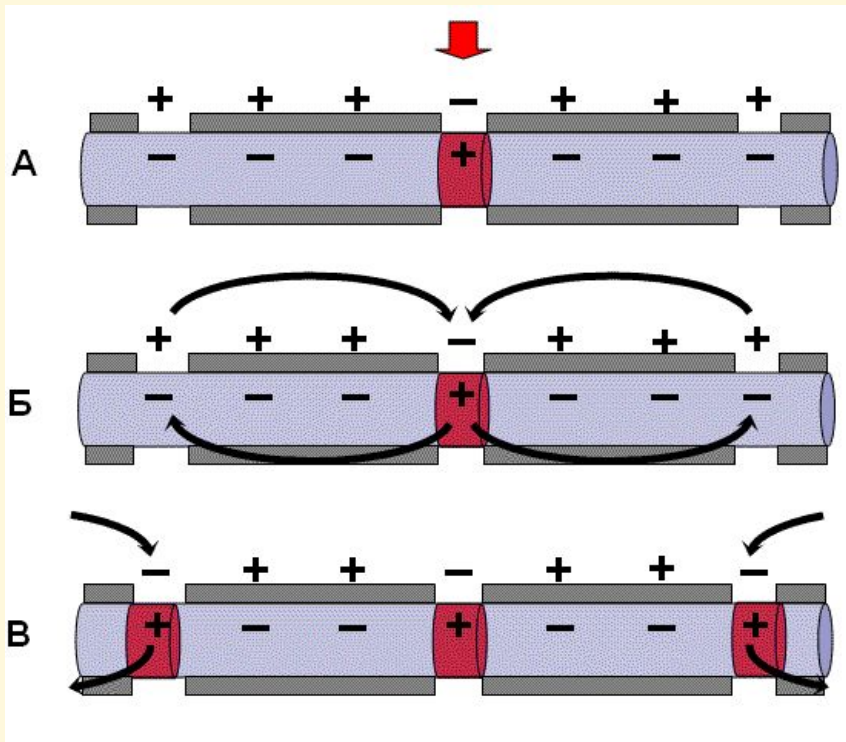




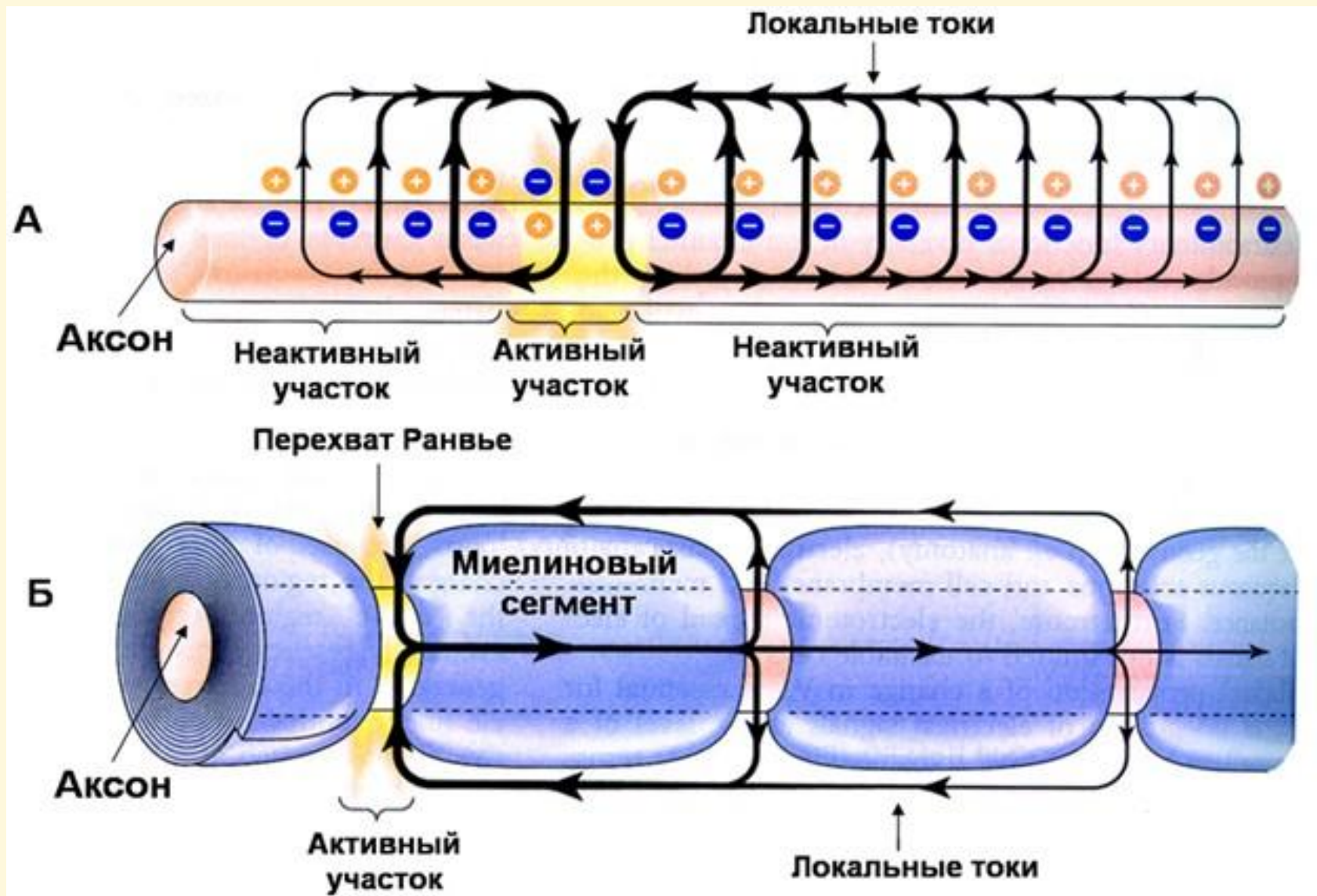
# Распространение потенциала действия по немиелинизированным волокнам



# Распространение потенциала действия по миелинизированным волокнам



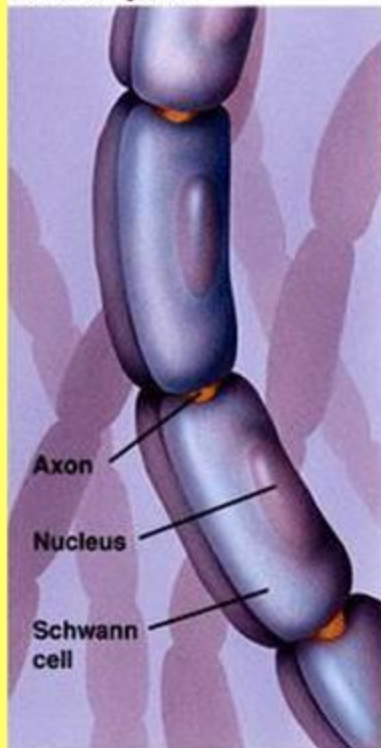
В миелиновых волокнах возбуждение охватывает только участки перехватов Ранвье, т.е. минует зоны, покрытые миелином. Такое проведение возбуждения по волокну называется *сальтаторным* (скачкообразное). В узловых перехватах количество натриевых каналов достигает 12 000 на 1 мкм<sup>2</sup>, что значительно больше, чем в любом другом участке волокна. В результате узловые перехваты являются наиболее возбудимыми и обеспечивают большую скорость проведения возбуждения. Время проведения возбуждения по миелиновому волокну обратно пропорционально длине между перехватами.



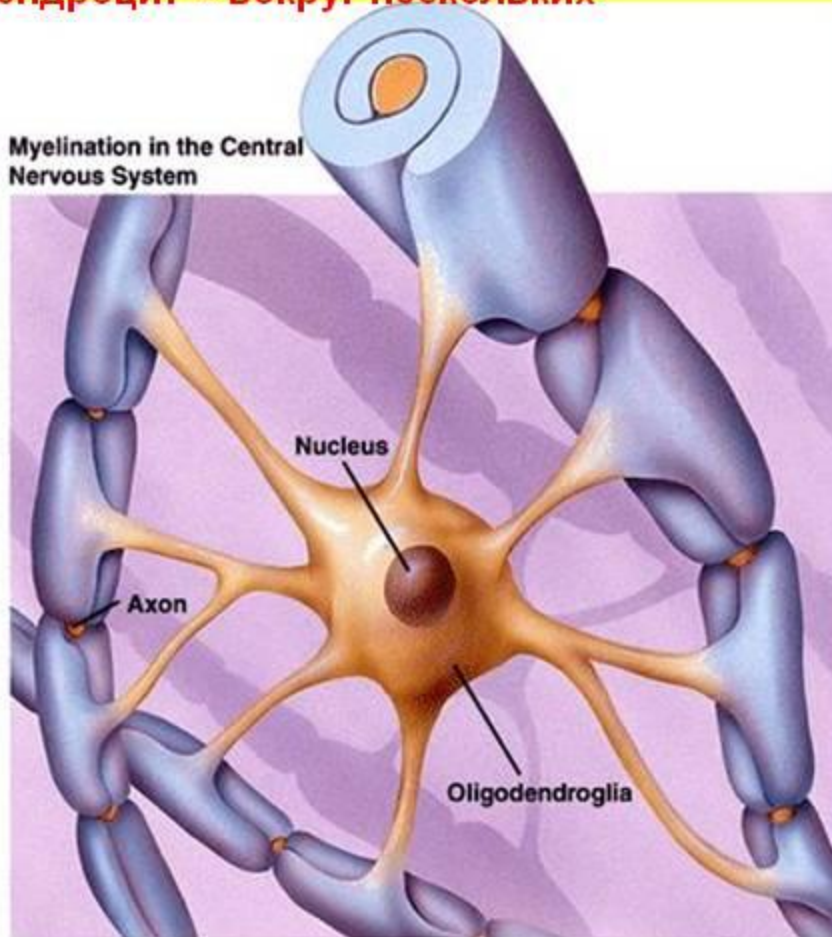


**В периферической НС одна шванновская клетка образует миелиновую оболочку вокруг одного волокна, в ЦНС один олигодендроцит – вокруг нескольких**

**Myelination in the Peripheral Nervous System**



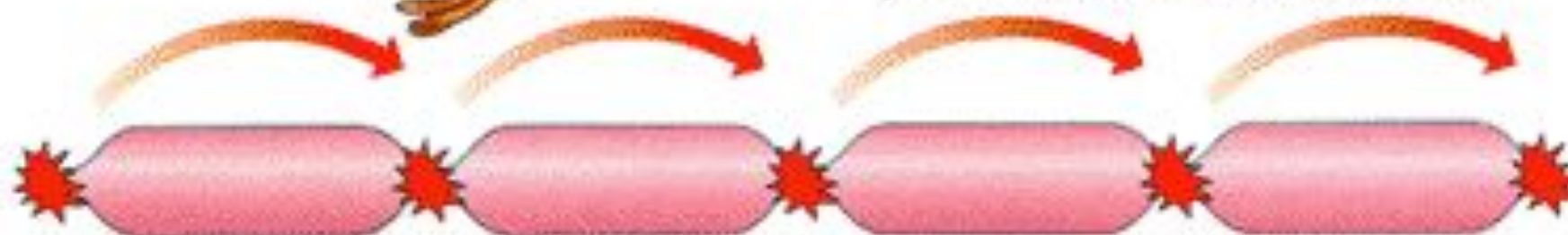
**Myelination in the Central Nervous System**







Сообщение передается очень быстро  
(со скоростью около 400 км/час)



Нормальный нерв – миелиновая оболочка не повреждена



Сообщение передается медленно (скорость около 4 км/час)



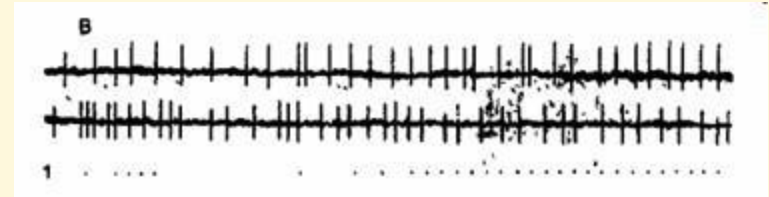
Поврежденный нерв – миелиновая оболочка повреждена или разрушена

# Типы активности нейронов

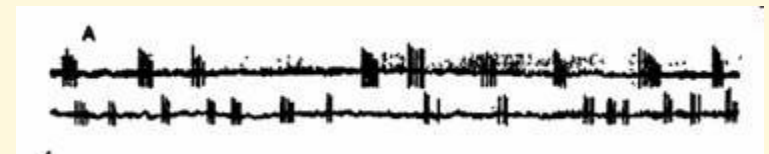
**Молчащие нейроны** - проявляют импульсную активность только в ответ на какое-либо раздражение.

**Фоновоактивные** - проявляющие свою активность вне воздействия раздражителя.

**Типы активности фоновых нейронов:** 1) **непрерывно-аритмичный тип** (нейроны могут генерировать импульсы непрерывно с некоторым замедлением или увеличением частоты разрядов ); значение — обеспечивают тонус нервных центров.



2) **пачечный тип** (нейроны выдают группу импульсов с коротким межимпульсным интервалом, после этого наступает период молчания и вновь возникает группа, или пачка, импульсов)



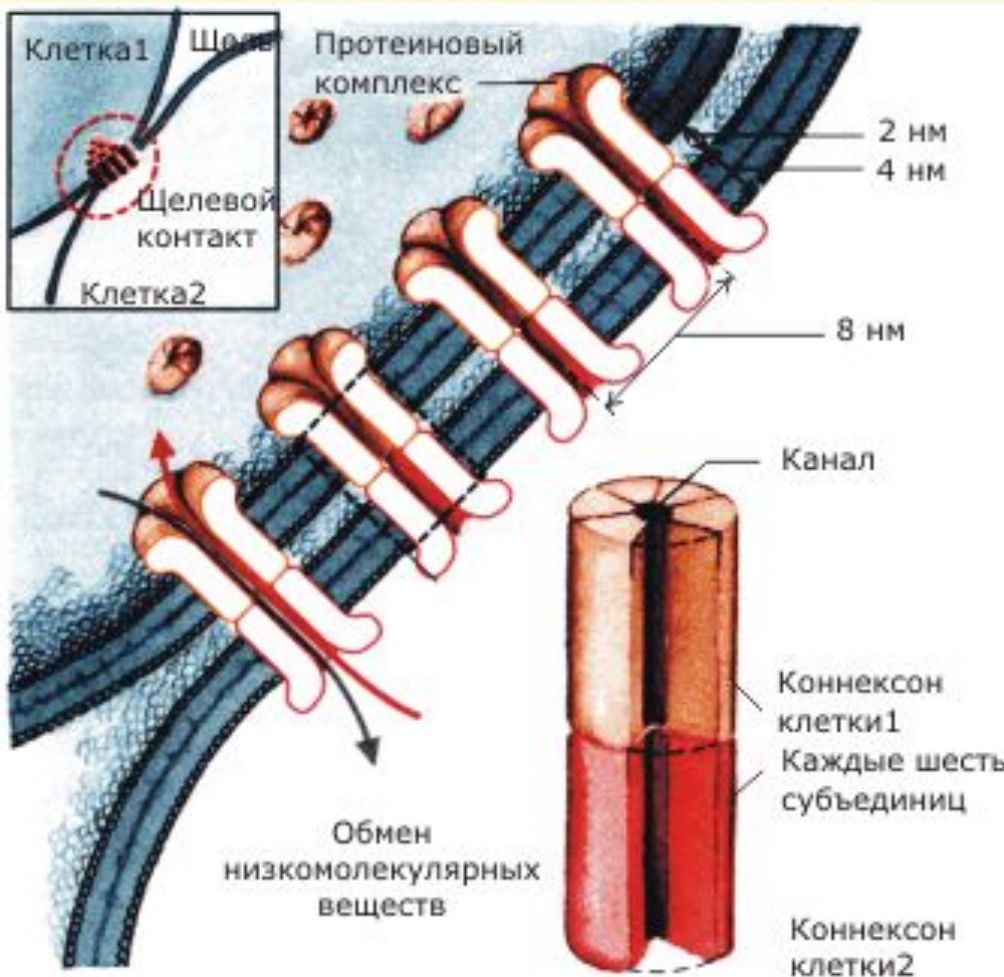
3) **Групповой тип активности** — характеризуется аperiodическим появлением в фоне группы импульсов (межимпульсные интервалы составляют от 3 до 30 мс), сменяющихся периодом молчания.



**Синапс** (греч. σύναψις, от συνάπτειν — обнимать, обхватывать, пожимать руку) — место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой. Служит для передачи нервного импульса между двумя клетками, причём в ходе синаптической передачи амплитуда и частота сигнала могут регулироваться.

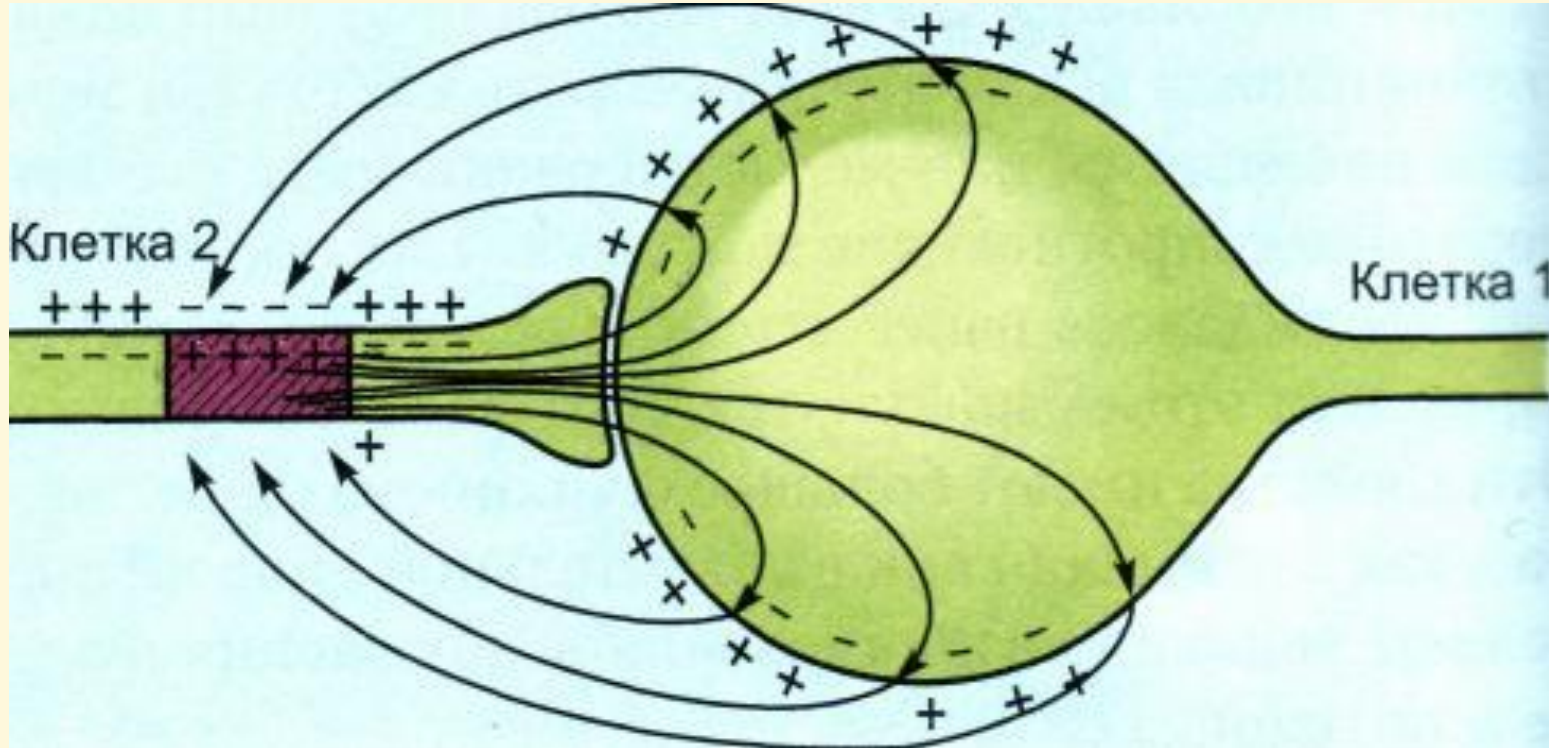
# Электрический синапс

Электрический синапс представляет собой щелевидное образование (размеры щели 2-4 нм) с ионными мостиками-каналами (коннексонами) между двумя контактирующими клетками. Петли тока, в частности при наличии потенциала действия (ПД), почти беспрепятственно перескакивают через такой щелевидный контакт и возбуждают, т.е. индуцируют генерацию ПД второй клетки.





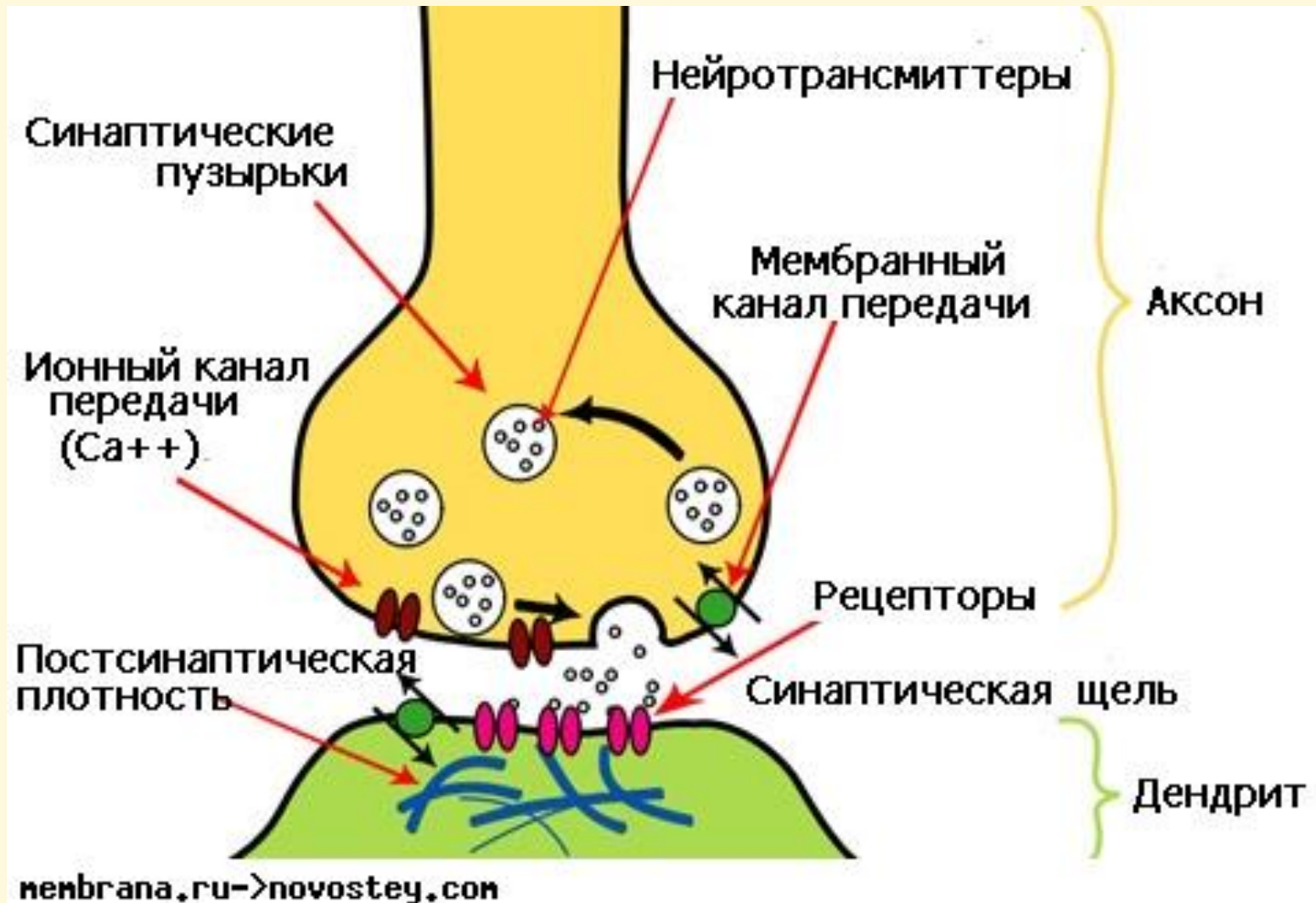
# Работа электрического синапса



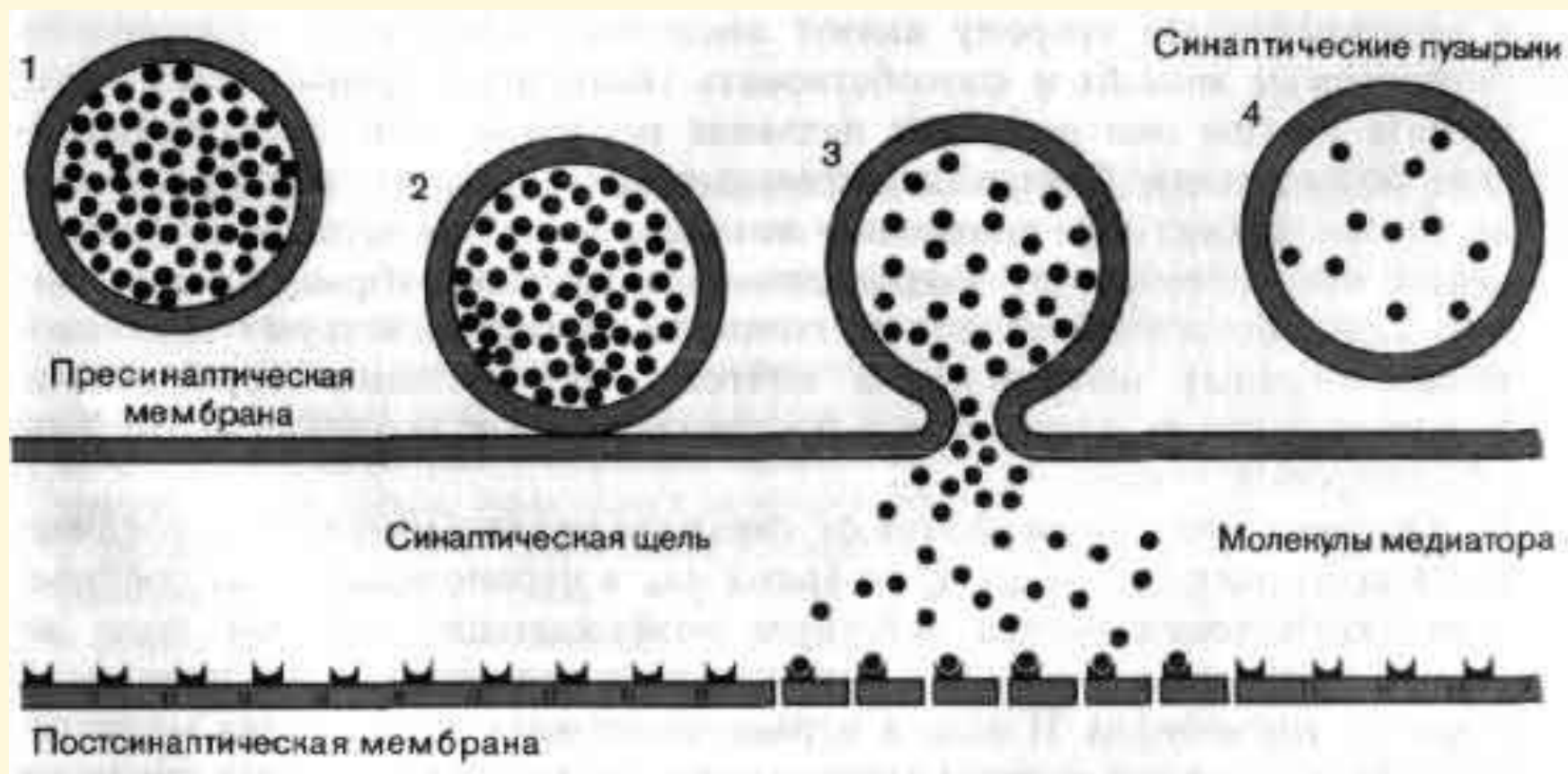
Локальные круги тока протекающего между деполяризованной и недеполяризованной областями, показаны стрелками



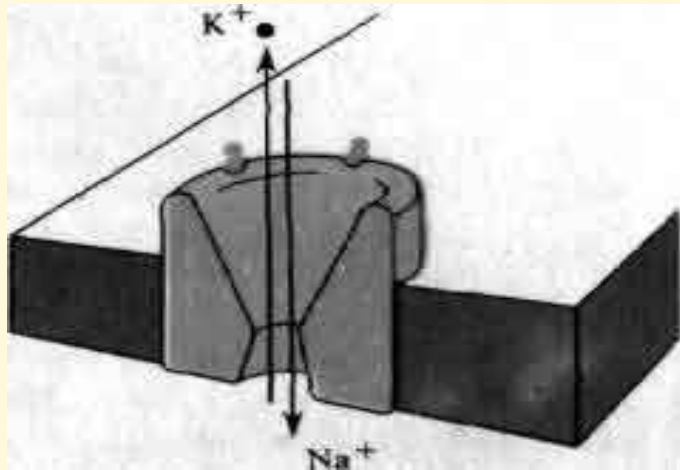
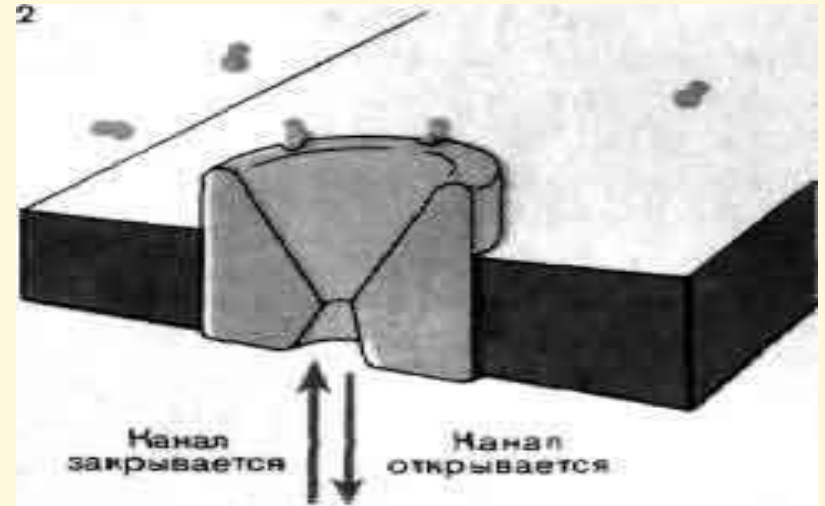
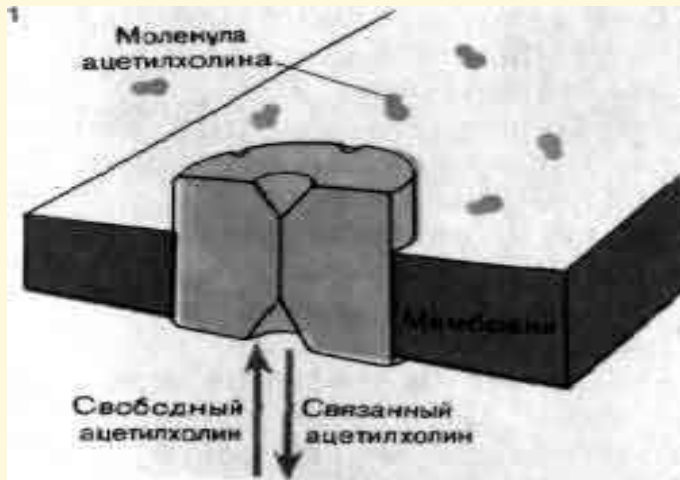
# Строение химического синапса



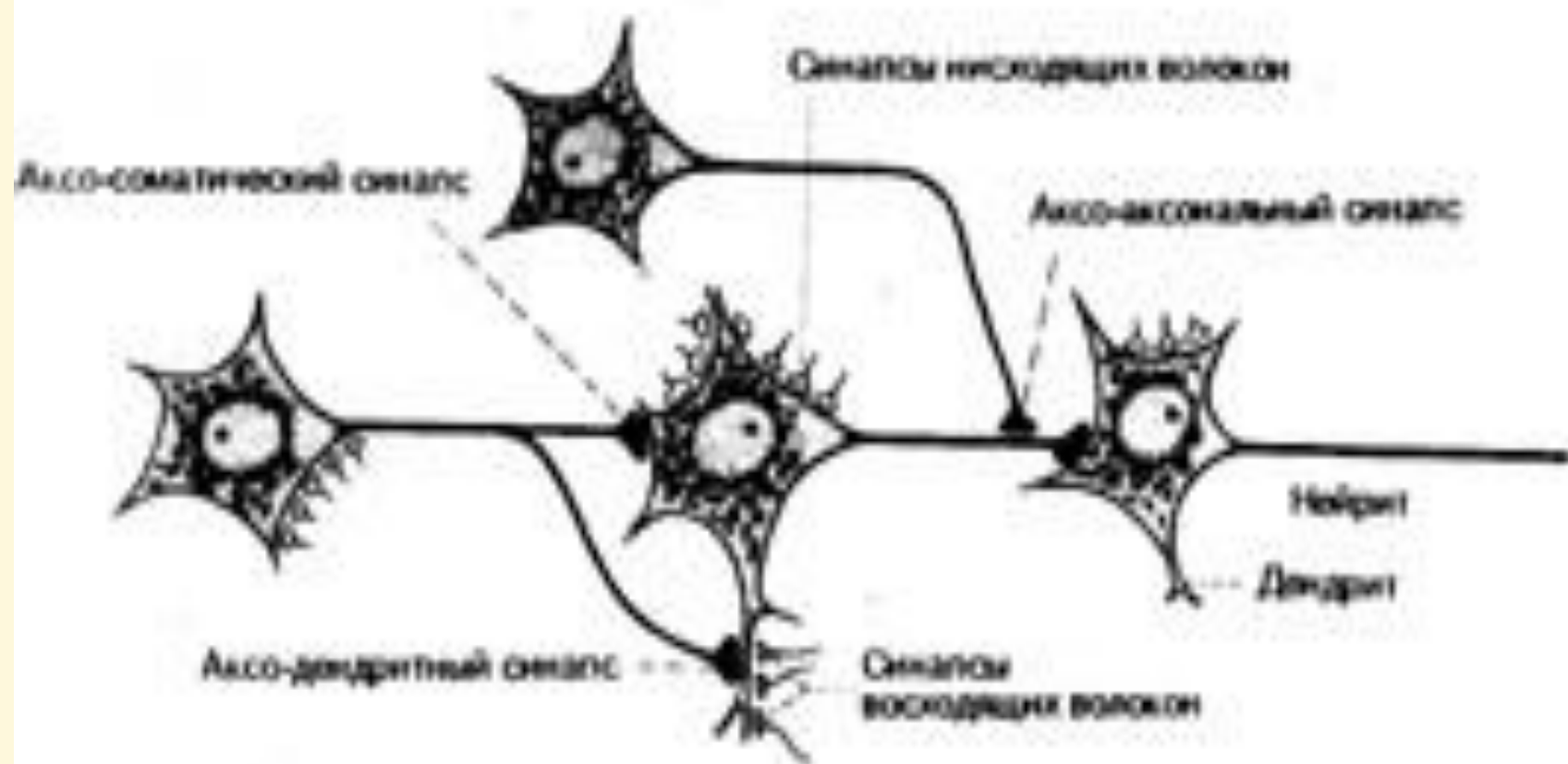
# Схема экзоцитоза.



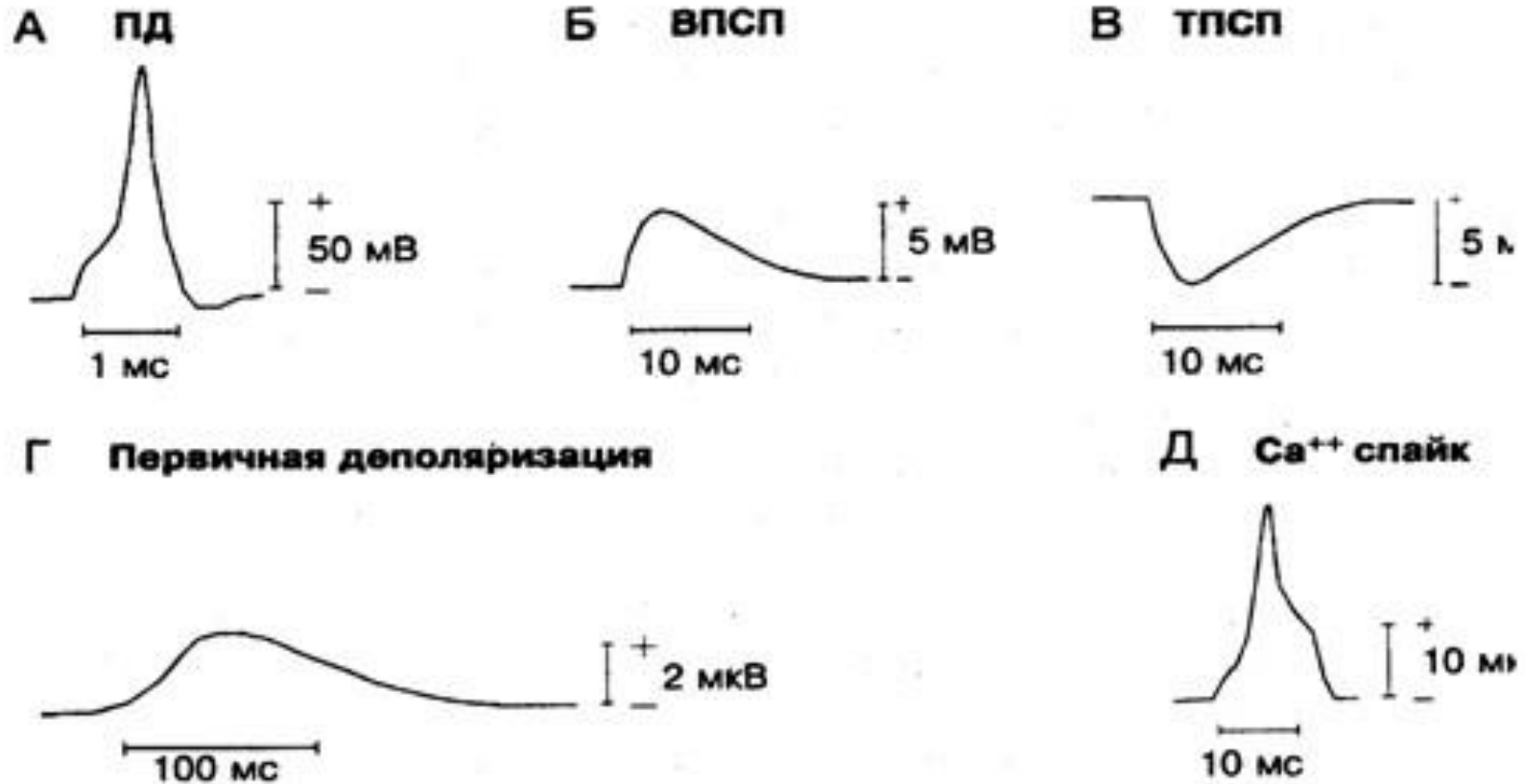
# Ацетилхолиновый рецептор в нервно-мышечном соединении лягушки



Две молекулы ацетилхолина быстро связываются с закрытым в покое каналом и формируют комплекс из рецептора и ацетилхолина (1, 2). Этот комплекс претерпевает конформационные изменения, в результате которых открывается канал для прохождения ионов натрия и калия (3).



# Постсинаптические потенциалы



Возбуждающее воздействие – это такое изменение состояния нейрона, при котором облегчается возможность передачи возбуждения через этот нейрон к другим нейронам или к исполнительным органам. Торможение затрудняет такую передачу и как бы «запирает» нейрон для передачи возбуждения. Суммация возбуждения и торможения на нейроне является одним из основных принципов функционирования ЦНС.

# Функциональные межнейронные образования в ЦНС

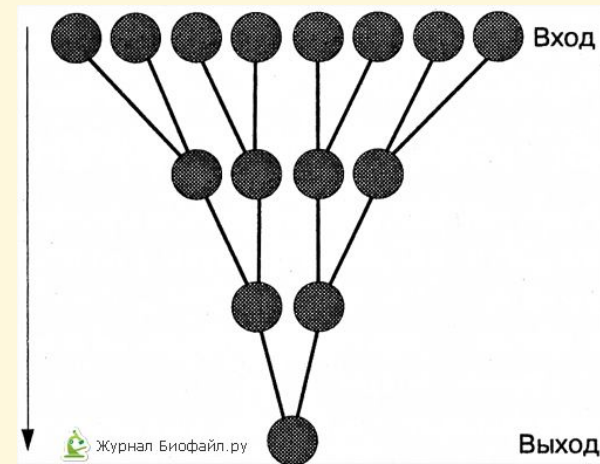
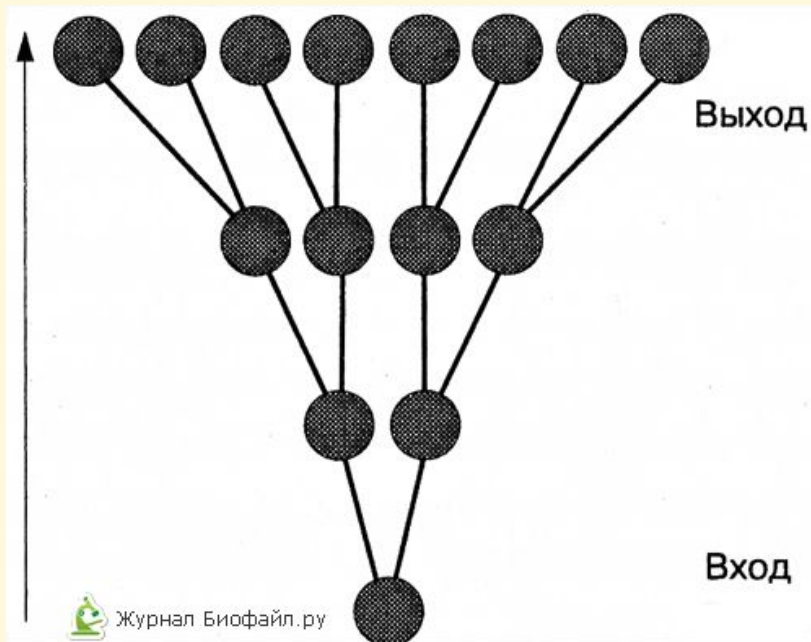


# Интеграция синаптических влияний

- Дивергенция – способность нейрона устанавливать многочисленные синаптические связи с различными нервными клетками.
- Конвергенция – схождение различных путей проведения нервных импульсов к одной и той же нервной клетке. Конвергенция различных синаптических входов на одной клетке обеспечивает возможность их взаимодействия.

# Дивергенция и конвергенция

Стрелкой показано направление проведения возбуждения по цепочке нейронов.



- Схема дивергенции.

- Конвергенция.

# Торможение.

Торможение – самостоятельный нервный процесс, вызываемый возбуждением и проявляющийся в подавлении другого возбуждения.

Торможение может развиваться только в форме локального ответа.

Торможение бывает постсинаптическое и пресинаптическое.

# Постсинаптическое торможение

Медиатор, выделяемый постсинаптическими окончаниями тормозных синапсов, изменяет свойства постсинаптической мембраны таким образом, что способность нервной клетки генерировать процессы возбуждения подавляется. В основе постсинаптического торможения лежит тормозный постсинаптический потенциал (ТПСП).

ТПСП – вызывается увеличением проницаемости для ионов калия или хлора, что вызывает гиперполяризацию мембраны.

# Пресинаптическое торможение

Развивается в пресинаптическом звене путем угнетения процесса высвобождения медиатора возбуждающими нервными окончаниями. Структурной основой являются аксо-аксональные синапсы.

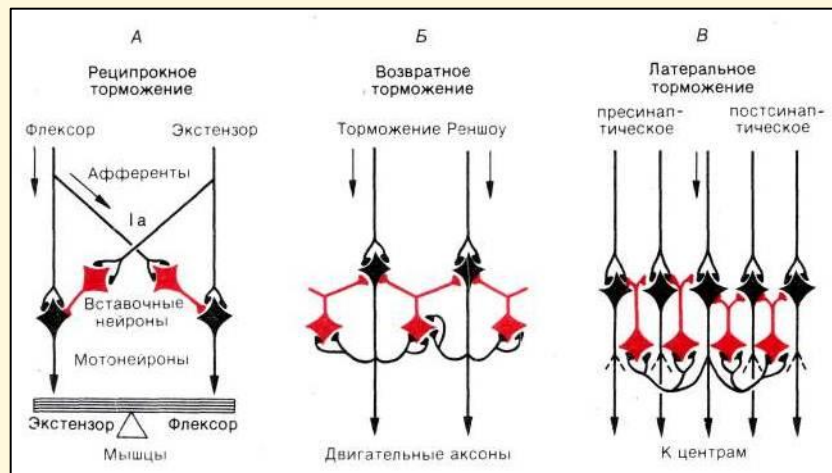
# Торможение в ЦНС

В интегративной деятельности центральной нервной системы важная роль принадлежит тормозным нейронным сетям. Выделяют несколько тормозных сетей или видов торможения:

- **Возвратное торможение**
- **Реципрокное торможение**
- **Латеральное торможение**



# Виды торможения



# Возвратное торможение

Если тормозные вставочные нейроны действуют на те же нервные клетки, которые их активируют, то такое торможение называется возвратным. Этот вид торможения есть практически во всех отделах ЦНС.

Возвратное торможение осуществляет торможение нейрона по принципу обратной связи. Нейрон, возбудившись, через коллатерали своего аксона возбуждает тормозные вставочные нейроны. Тормозный нейрон формирует тормозные постсинаптические потенциалы на клетке, которая его активирует. Причем чем более выражен процесс возбуждения в нейроне, тем более выраженным будет и тормозный процесс.

Таким образом, с помощью возвратного торможения осуществляется саморегуляция состояния нейрона, автоматически поддерживается определенный уровень его возбудимости.

# Реципрокное торможение

Этот вид торможения широко представлен в спинном мозге. С помощью него происходит автоматическое взаимодействие мотонейронов мышц-сгибателей и мышц-разгибателей.

Первичные афференты ( $1\alpha$ ) от мышечных веретен образуют возбуждающие синапсы на тех мотонейронах, которые посылают аксоны к одной и той же мышце или иннервируют мышцу, от которой берет начало соответствующий афферентный путь, и посылают коллатерали к вставочным тормозным нейронам, которые образуют тормозные синапсы на мотонейронах мышц-антагонистов.

# Латеральное торможение

Данный вид торможения широко представлен в структурах нервной системы, имеющих слоистое строение. Латеральное торможение возникает в одном слое клеток. Возбужденный центральный нейрон через коллатерали возбуждает тормозные нейроны, которые образуют тормозные синапсы на нейронах, лежащих рядом с возбужденным. Торможение такого рода называют латеральным потому, что образующаяся зона торможения находится сбоку по отношению к возбужденному нейрону.

Этот вид торможения распространен на всех уровнях сенсорных систем. Образование латерального торможения лежит в основе одного из механизмов кодирования информации в сенсорных системах

# Классификация рефлексов

- ❑ по биологической значимости: пищевые, оборонительные, половые, ориентировочные и др.
- ❑ по эффектору: сосудодвигательные, рефлексy сердца и т.п.
- ❑ по месту положения в ЦНС нервного центра: спинальные рефлексy, рефлексy ствола мозга и пр.



# Нервный центр

- Нервным центром называется совокупность нейронов в ЦНС, обеспечивающих регуляцию какой-либо функции организма.
- Не следует понимать нервный центр как что-то узко локализованное в одном участке ЦНС. Понятие анатомическое по отношению к нервному центру рефлекса неприменимо потому, что в осуществлении любого сложного рефлекторного акта принимает участие всегда целая констелляция нейронов, расположенных на разных этажах нервной системы.
- Например, дыхательный центр, в который в настоящее время включают не только "центр дыхания" продолговатого мозга, но и дыхательный центр моста, нейроны ретикулярной формации, коры и мотонейроны дыхательных мышц..

# *Свойства нервных центров*

- 1. Одностороннее проведение возбуждения,*
- 2. Центральная задержка,*
- 3. Суммация возбуждения и суммация торможения,*
- 4. Явление окклюзии,*
- 5. Явление облегчения,*
- 6. Трансформация ритма возбуждения,*
- 7. Последствие,*
- 9. Тонус нервных центров,*
- 10. Пластичность нервных центров.*

Обусловлены:

1. Свойствами входящих в его состав нейронов
2. Свойствами синаптических образований
3. Особенности структурной организации центра

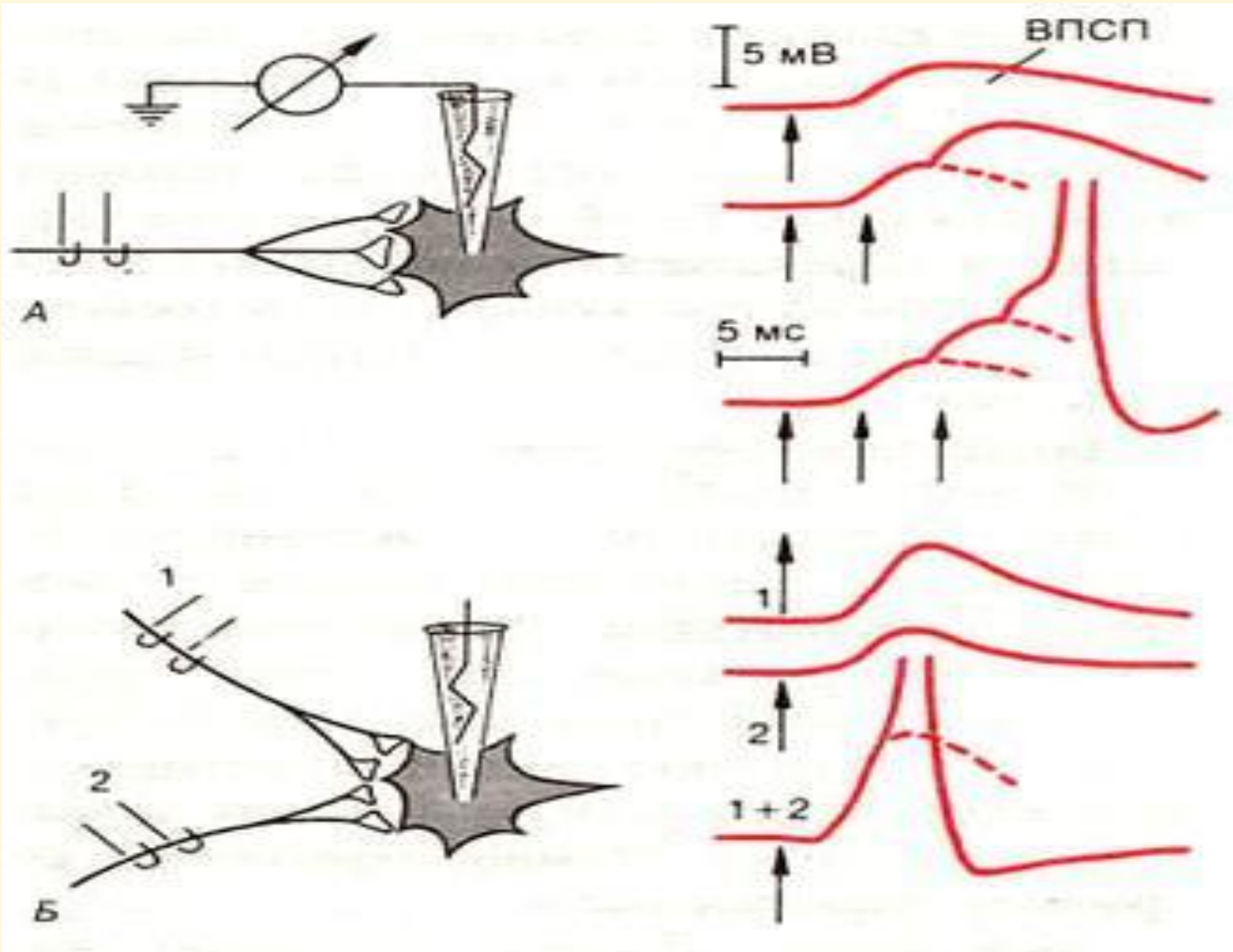
# Свойства нервных центров

- **Одностороннее проведение возбуждения** - возбуждение передается с афферентного на эфферентный нейрон. Причина: химические синапсы пропускают возбуждение только в сторону постсинаптической мембраны .
- **Задержка проведения возбуждения:** скорость проведения возбуждения в нервном центре на много ниже таковой по остальным компонентам рефлекторной дуги. Время прохождения возбуждения через синапс составляет 0,05-0,07 мсек. Чем больше синапсов в нервном центре, тем дольше проходит по нему нервный импульс. Время проведения возбуждения через нервный центр - центральное время рефлекса.
- **Суммация возбуждения** - при действии одиночного подпорогового раздражителя ответной реакции нет. При действии нескольких подпороговых раздражителей ответная реакция есть. Рецептивное поле рефлекса - зона расположения рецепторов, возбуждение которых вызывает определенный рефлекторный акт.

# Имеется 2 вида суммации: временная и пространственная.

- **Временная** - возникает ответная реакция при действии нескольких следующих друг за другом раздражителей. Механизм: суммируются возбуждающие постсинаптические потенциалы рецептивного поля одного рефлекса. Происходит суммация во времени потенциалов одних и тех же групп синапсов.
- **Пространственная суммация** - возникновение ответной реакции при одновременном действии нескольких подпороговых раздражителей. Механизм: суммация возбуждающего постсинаптического потенциала от разных рецептивных полей. Суммируются потенциалы разных групп синапсов.

# Суммация возбуждения





*Суммация возбуждения и суммация торможения.* Принято выделять два вида суммации – временную и пространственную. Временная, или последовательная, суммация проявляется в том, что в области постсинаптической мембраны происходит суммация следов возбуждения во времени, т. е. на нейроне в области его аксонного холмика происходит интеграция событий, разыгрывающихся на отдельных участках мембраны нейрона на определенном отрезке времени. Пространственная суммация возбуждения проявляется в суммировании на аксонном холмике нейрона постсинаптических потенциалов, которые возникают одновременно в различных точках этого нейрона в ответ на приходящие от других нейронов потенциалы действия. Даже если каждый из нейронов в отдельности вызывает лишь подпороговые ВПСП, при синхронном их появлении они будут способны довести мембранный потенциал в области аксонного холмика нейрона до критического уровня деполяризации и тем самым вызывать возбуждение нейрона. Все сказанное в полной мере относится и к явлению суммации торможения.

# Свойства нервных центров

- *Явление окклюзии* отражает эффект взаимодействия между собой двух импульсных потоков, при котором имеет место взаимное угнетение рефлекторных реакций. Суммарная ответная реакция (рефлекс), вызываемая одновременным воздействием двух потоков, меньше, чем сумма двух реакций, возникающих при действии каждого из этих двух потоков в отдельности. Согласно Ч. Шеррингтону, явление окклюзии объясняется перекрытием синаптических полей, образуемых афферентными звеньями двух взаимодействующих рефлексов.

# Свойства нервных центров

- *Трансформация ритма возбуждения.*

# Свойства нервных центров

- *Явление облегчения*, которое по своему внешнему проявлению противоположно окклюзии.
- Оно проявляется в том, что при совместном раздражении рецептивных полей двух рефлексов наблюдается усиление реакций организма на действие двух раздражителей одновременно.

Механизм: перекрытие синаптических полей, образуемых афферентными частями взаимодействующих рефлексов - в результате импульсы сходятся к одним и тем же нейронам центральной зоны.

# Окклюзия

- при одновременном раздражении 2-х афферентных нейронов ответная реакция может быть меньше арифметической суммы раздражения каждого из них.

Механизм: перекрытие синаптических полей, образуемых афферентными частями взаимодействующих рефлексов - в результате импульсы сходятся к одним и тем же нейронам центральной зоны.

# Центральное облегчение

- объясняется особенностями строения нервного центра. Каждое афферентное волокно входя в нервный центр иннервирует определенное количество нервных клеток. Эти нейроны - нейронный пул. В каждом нервном центре много пулов. В каждом нейронном пуле - 2 зоны: центральная (здесь афферентное волокно над каждым нейроном образует достаточное для возбуждения количество синапсов), периферическая или краевая кайма (здесь количество синапсов недостаточно для возбуждения). При раздражении возбуждаются нейроны центральной зоны. Центральное облегчение: при одновременном раздражении 2-х афферентных нейронов ответная реакция может быть больше арифметической суммы раздражения каждого из них, т. к. импульсы от них подходят к одним и тем же нейронам периферической зоны.



# Посттетаническая потенция

- усиление ответной реакции, наблюдается после серии нервных импульсов. Механизм: потенциация возбуждения в синапсах

# Рефлекторное последствие

- продолжение ответной реакции после прекращения действия раздражителя:

- **кратковременное последствие** - в течение нескольких долей секунды. Причина - следовая деполяризация нейронов;

**длительное последствие** - в течение нескольких секунд. Причина: после прекращения действия раздражителя возбуждение продолжает циркулировать внутри нервного центра по замкнутым нейронным цепям.

# Трансформация возбуждения

- несоответствие ответной реакции частоте наносимых раздражений. На афферентном нейроне происходит трансформация в сторону уменьшения из-за низкой лабильности синапса. На аксонах эфферентного нейрона, частота импульса больше частоты наносимых раздражений.

Причина: внутри нервного центра образуются замкнутые нейронные цепи, в них циркулирует возбуждение и на выход из нервного центра импульсы подаются с большей частотой.

# Свойства нервных центров

- *Последствие.* Это одно из свойств, характерных для нейронных цепей. Оно заключается в том, что реакция нейрона (в виде генерации одиночных ПД или пачек ПД) на приходящий к нему импульс продолжается длительное время. В основе этого удивительного эффекта, как предполагают, лежат два механизма. Первый связан с наличием длительного ВПСП, возникающего в ответ на приходящий к нейрону импульс (подобная ситуация характерна и для явления трансформации ритма возбуждения). Нередко это явление называется фасилитацией (облегчение). Вторым механизмом связан с наличием в ЦНС своеобразных "ловушек возбуждения", по которым происходит длительная (в течение нескольких минут или нескольких часов) циркуляция потока

# Свойства нервных центров

- *Высокая утомляемость нервных центров.* Это свойство характерно для нейронных цепей, в том числе для рефлекторных дуг. С одной стороны, оно проявляется в том, что в нейронных цепях, как и в других многозвеньевых системах, может развиваться утомление, которое проявляется в постепенном снижении (вплоть до полного прекращения) рефлекторного ответа при продолжительном раздражении афферентных нейронов.

# Свойства нервных центров

- *Тонус нервных центров.* Для многих нейронных объединений, или нервных центров, характерна фоновая активность, т. е. генерация нервных импульсов с определенной частотой на протяжении длительного времени. Такая активность обусловлена не наличием в составе данного объединения нейрона-пейсмкера (фоновоактивного нейрона), а постоянным возбуждением афферентного нейрона благодаря непрерывному раздражению сенсорных рецепторов. Тонус нервных центров обеспечивает постоянную импульсацию к соответствующим периферическим системам, а



# Свойства нервных центров

- *Пластичность нервных центров* – это их способность к перестройке функциональных свойств и, в определенной степени, функций под влиянием длительных внешних воздействий или при очаговых повреждениях мозга. Посттравматическая пластичность нейронных объединений выполняет компенсаторную (восстановительную) функцию, а пластичность, вызванная длительным афферентным раздражением, – приспособительную функцию. Например, для процесса обучения пластичность нейронных объединений является необходимым условием, т. е. его рабочим механизмом. В целом благодаря свойству пластичности нервный центр может существенно модифицировать течение рефлекторных реакций. Основным фундаментом, позволяющим реализовать свойство пластичности, очевидно, следует считать наличие у каждого нейрона в отдельности огромного числа синаптических связей, а также возможность изменения синтетических процессов внутри каждого нейрона.