

# ВВЕДЕНИЕ В НЕЙРОБИОЛОГИЮ.

Лекцию читает д.м.н.,  
профессор Голубева Ирина  
Александровна



## План:

---

1. Нервная система. Функции. Филогенез и онтогенез.
2. Нервная ткань. Строение нейрона. Классификация нейронов.
3. Нейроглия. Классификация и функции нейроглии. Понятие гематоэнцефалического барьера.
4. Возникновение и особенности проведения нервного импульса.
5. Формирование нервных сетей. Понятие нервного модуля.
6. Строение синапса.
7. Строение рефлекторной дуги соматического рефлекса.
8. Отделы нервной системы.

# Нейробиология – отрасль науки, занимающаяся изучением нервной системы


---

Нервная система управляет деятельностью различных систем организма и их частей, обеспечивая его (организма) функциональное единство и целостность (**интеграция**).

Нервная система обуславливает **взаимодействие** между организмом и внешней средой.

Основным свойством нервной системы является раздражимость и **способность формировать и передавать нервные возбуждения**.

В основе деятельности нервной системы лежит - **РЕФЛЕКС**



---

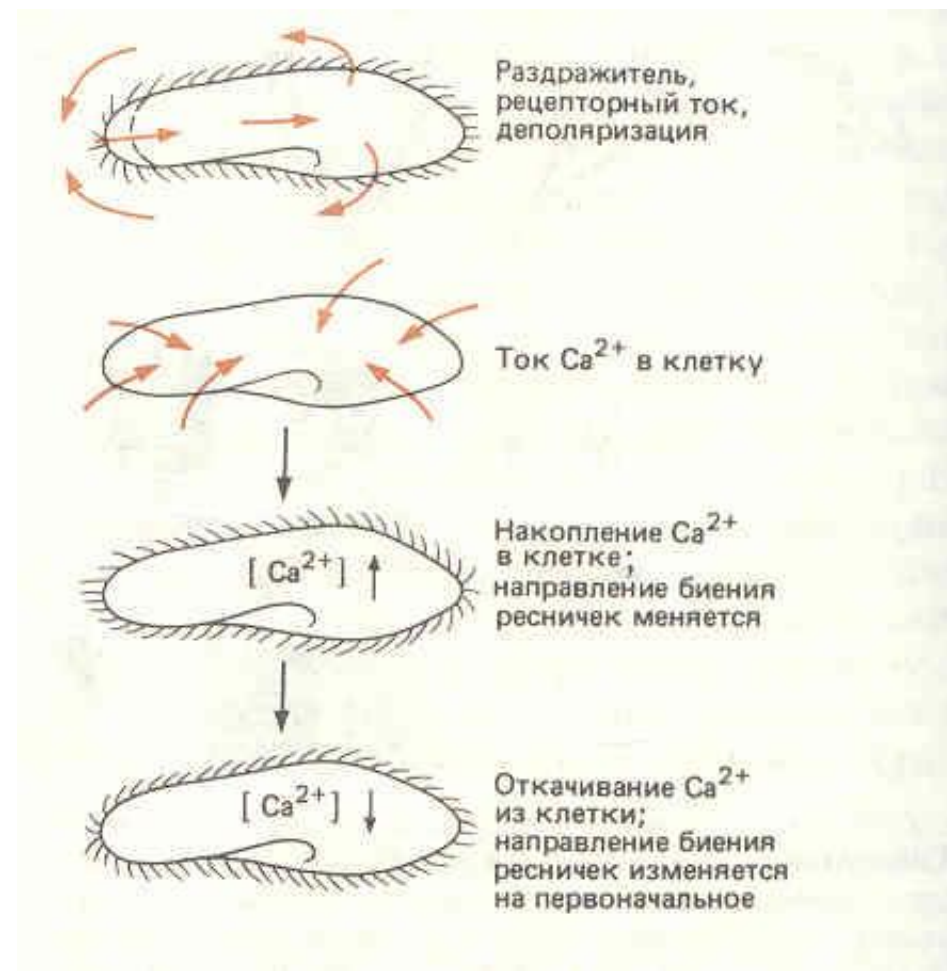
«Деятельность нервной системы направляется, с одной стороны, на объединение, интеграцию всех частей организма, с другой – на связь организма с окружающей средой, на уравнивание системы организма с внешним миром» (И.П.Павлов).

# РАЗВИТИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. ФИЛОГЕНЕЗ.

## 1. Донервная гуморальная регуляция – у простейших одноклеточных (амеба, инфузория)

---

Связь с окружающей средой – при помощи ионных механизмов изменения концентрации ионов калия, натрия и кальция в жидкостях, находящихся внутри и вне организма.



## 2. Сетевидная нервная система – у кишечнополостных (медузы, гидры)

Схема

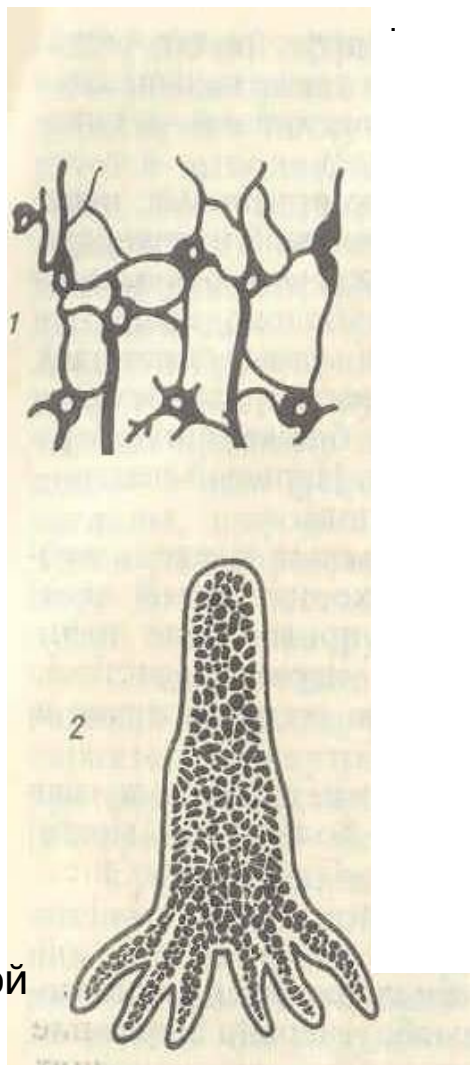
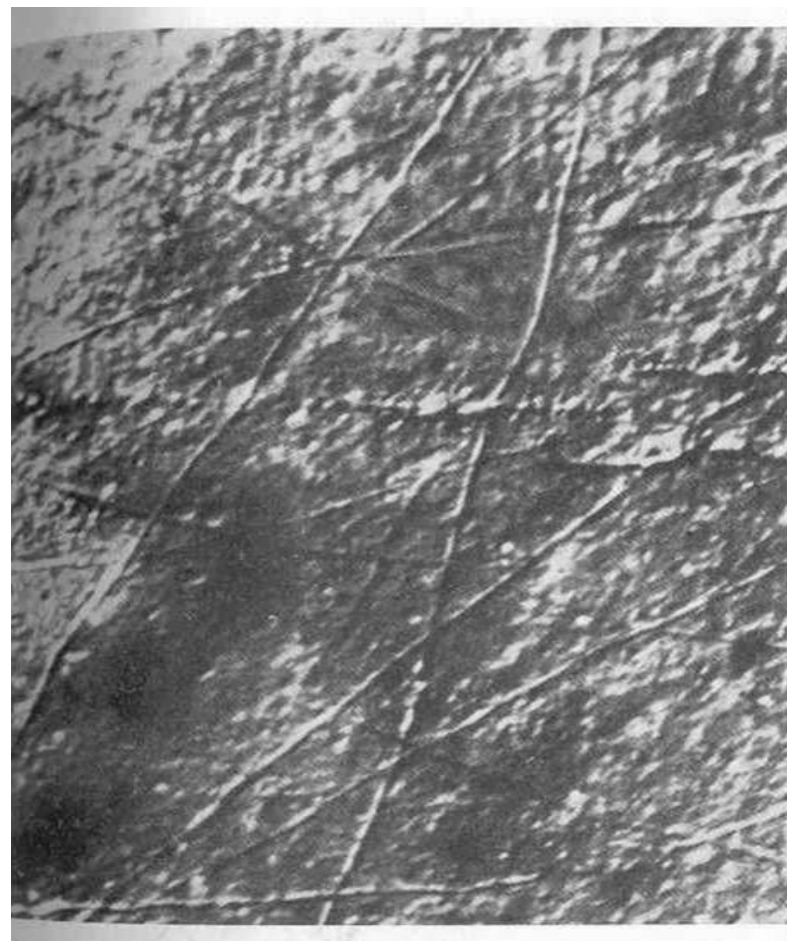


Схема нервной  
сети гидры



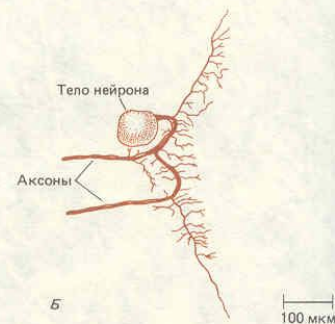
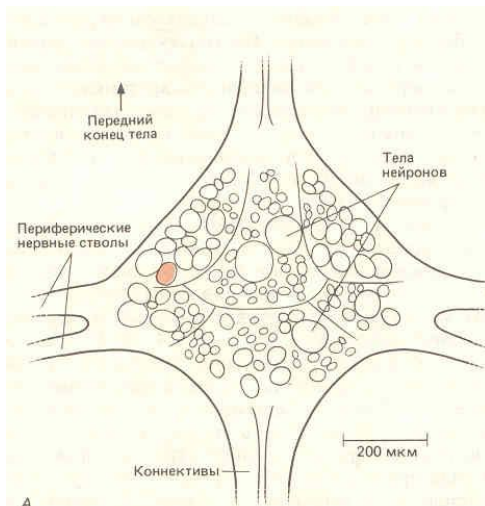
Диффузная нервная (из аксонов) сеть  
нижней поверхности зонтика медузы.

**Ганглии** – скопление тел многочисленных нейронов – важнейшее усовершенствование нервной системы на ранних этапах эволюции

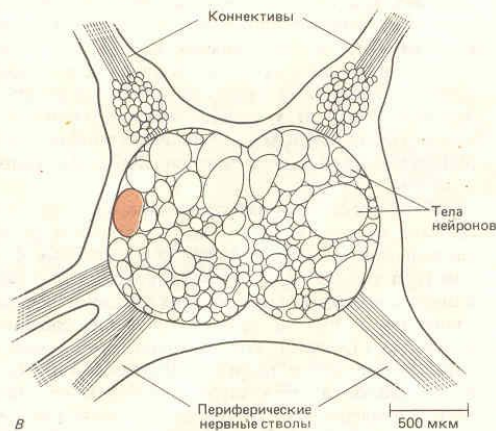


Кальмар

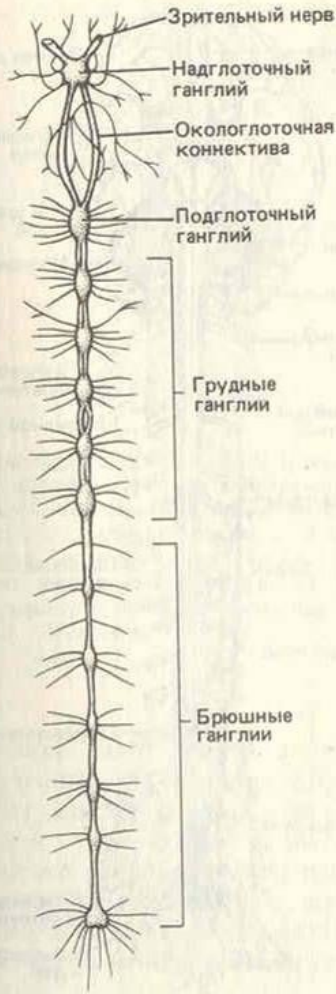
Сегментарный ганглий пиявки



Абдоминальный ганглий морского слизня



### 3. Узловая нервная система – у беспозвоночных (черви) и членистоногих



**Нервная цепочка** - в результате чередования **ганглиев** (нервных узлов, образовавшихся за счет скопления тел нейронов) и **межузловых нервных стволов** ( за счет скопления отростков нейронов)

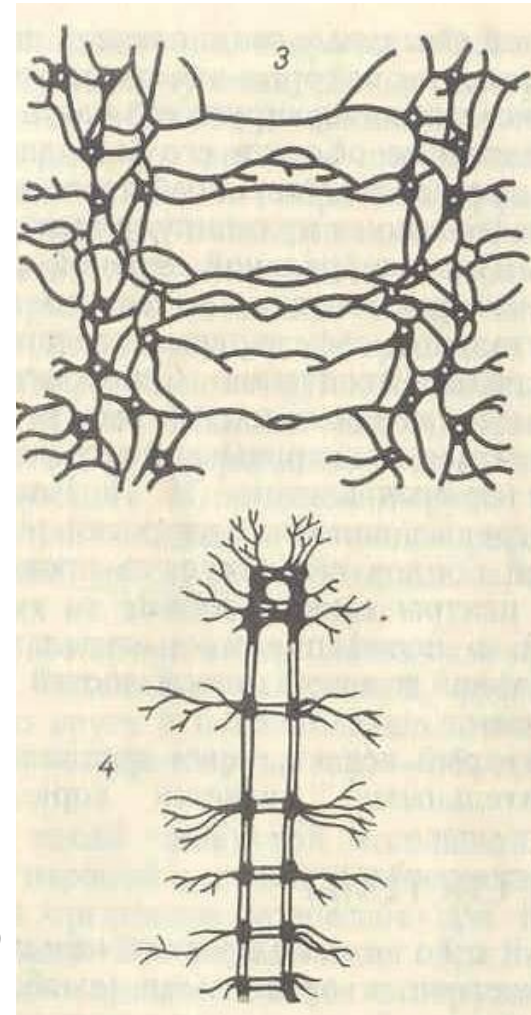


Схема нервной цепочки земляного червя

Рис. 8.5. Брюшная нервная цепочка омара (Homarus) может служить примером сегментарной организации нервной системы многих беспозвоночных. Нервные корешки, отходящие от ганглиев, содержат сенсорные и моторные аксоны.

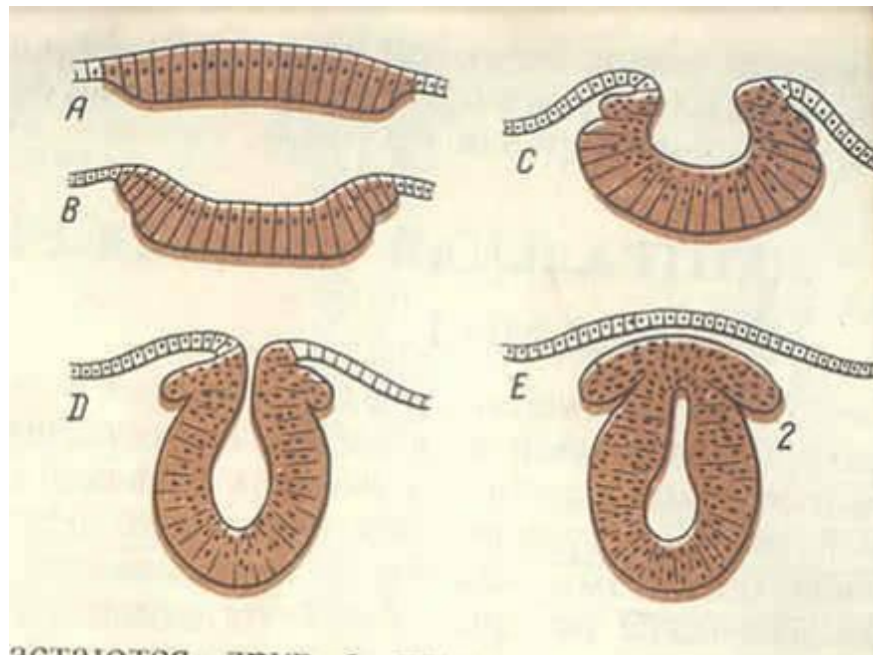


## 4. Трубчатая нервная система – у позвоночных животных

А, В – **НС** закладывается не как диффузная сеть, а в виде **полоски** в эктодерме дорсальной стороны зародыша

С – нервная полоска превращается в нервную **бороздку**

Д, Е – нервная бороздка погружается под эктодерму и свертывается в нервную **трубку**



## Эволюция трубчатой нервной системы связана с:

1. Прогрессивное развитие головного конца нервной трубки.
2. Появление специализированных органов чувств (зрение, обоняние, слух).
3. Развитие функций висцерального аппарата черепа (питание) и жаберного аппарата (дыхание).
4. Сохранение сегментации НС в виде черепномозговых и спинномозговых нервов

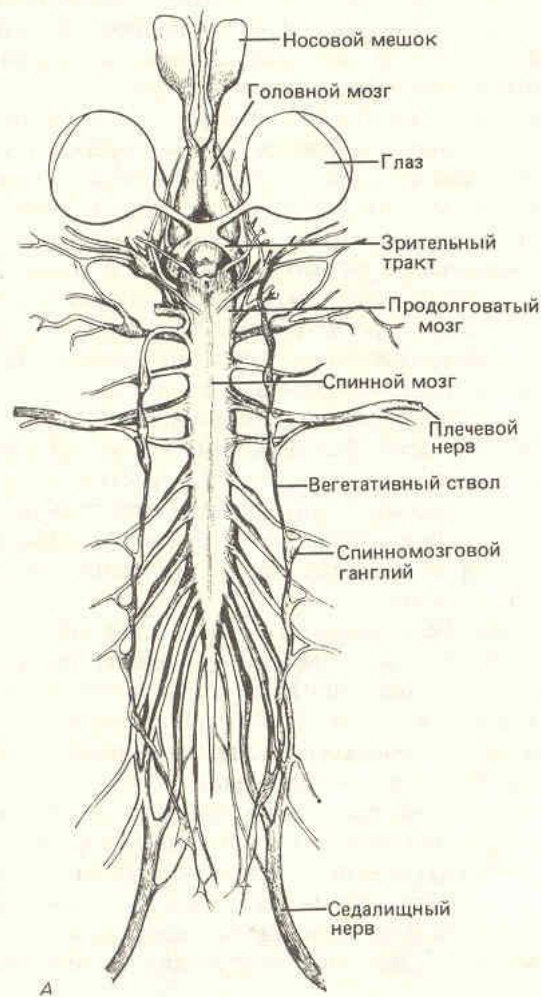


Рис. 8.6. Головной и спинной мозг лягушки (А) и человека (Б) с брюшной стороны. В расположении нервов, отходящих от ЦНС, проявляется рудиментарная сегментация.

Симп. — симпатический. (Wiedersheim, 1907; Neal, Rand, 1936.)

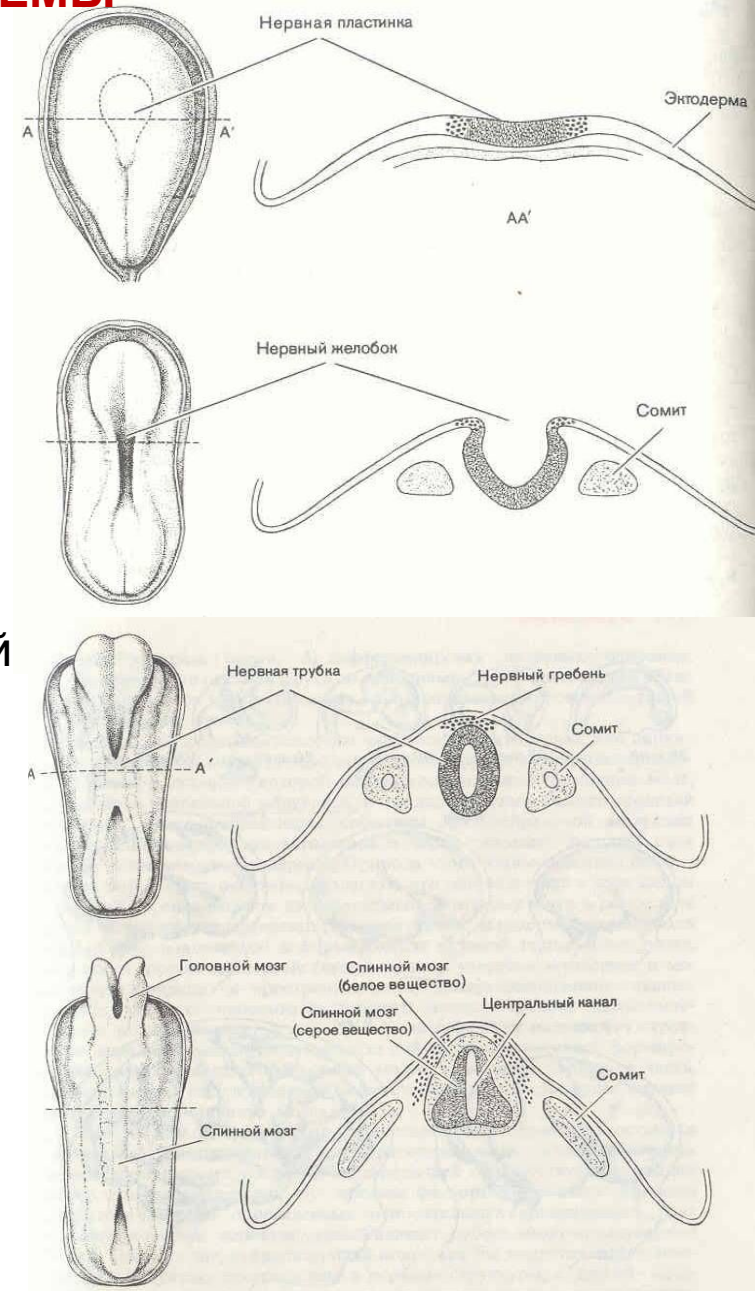
# ОНТОГЕНЕЗ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

1 - 2 неделя:

1. Эмбриональный диск
2. Первичная нервная пластинка (медуллярная полоска)
3. Мозговая (медуллярная) бороздка
4. Нервная (мозговая) трубка – зачаток центральной нервной системы
5. Нервный гребень (часть края медуллярной бороздки) – закладки спинномозговых узлов, узлов вегетативной НС. В области головы – закладки узлов черепных нервов

3 неделя:

1. На головном конце нервной трубки - формирование 3-х первичных мозговых пузырей. Остальная часть – закладка спинного мозга



## НЕРВНАЯ ТКАНЬ. СТРОЕНИЕ НЕЙРОНА.

**НЕЙРОН** – структурная и функциональная единица нервной ткани.

Главная особенность – участие в переработке информации, закодированной в виде импульсов.

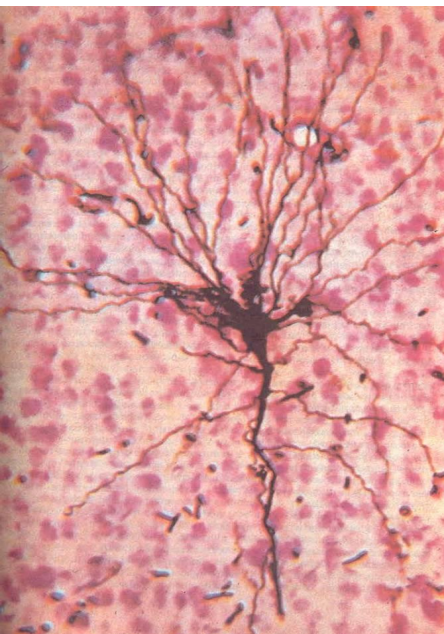
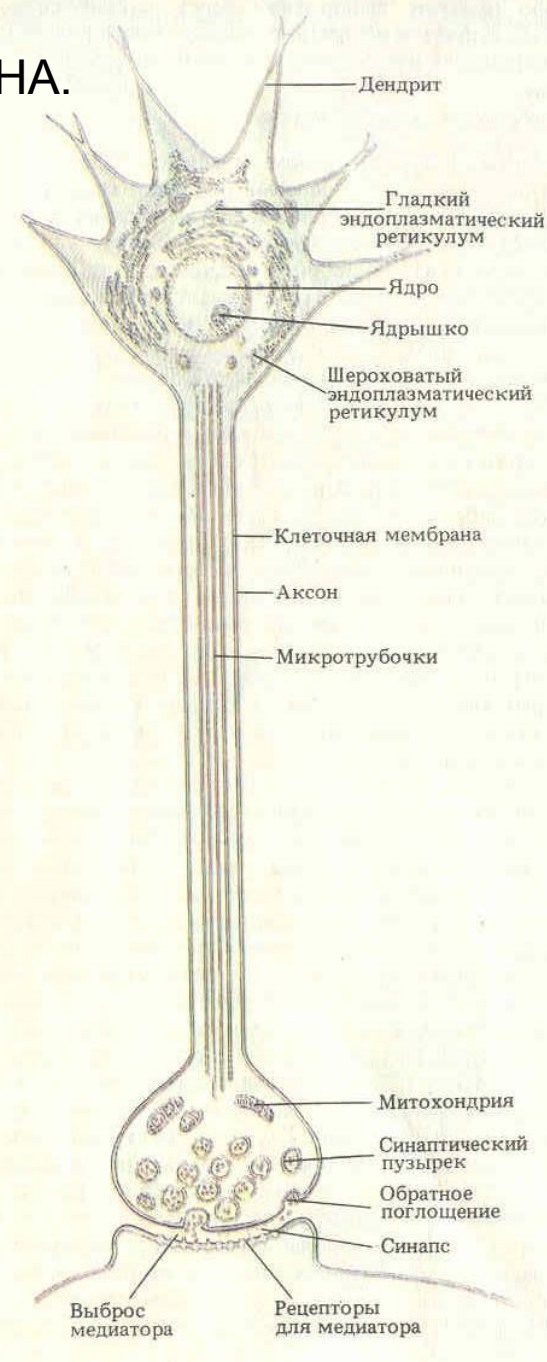
**Нейрон:** тело и цитоплазматические отростки (аксон и дендриты).

**Тело** нейрона: плазматическая мембрана (нейролемма), цитоплазма, ядро.

**Размеры:** от 4 мкм до 135 мкм

**Форма:** круглая, овальная, уплощенная, яйцевидная, пирамидальная.

Тела нейронов формируют серое вещество мозга. Отростки – белое вещество мозга.

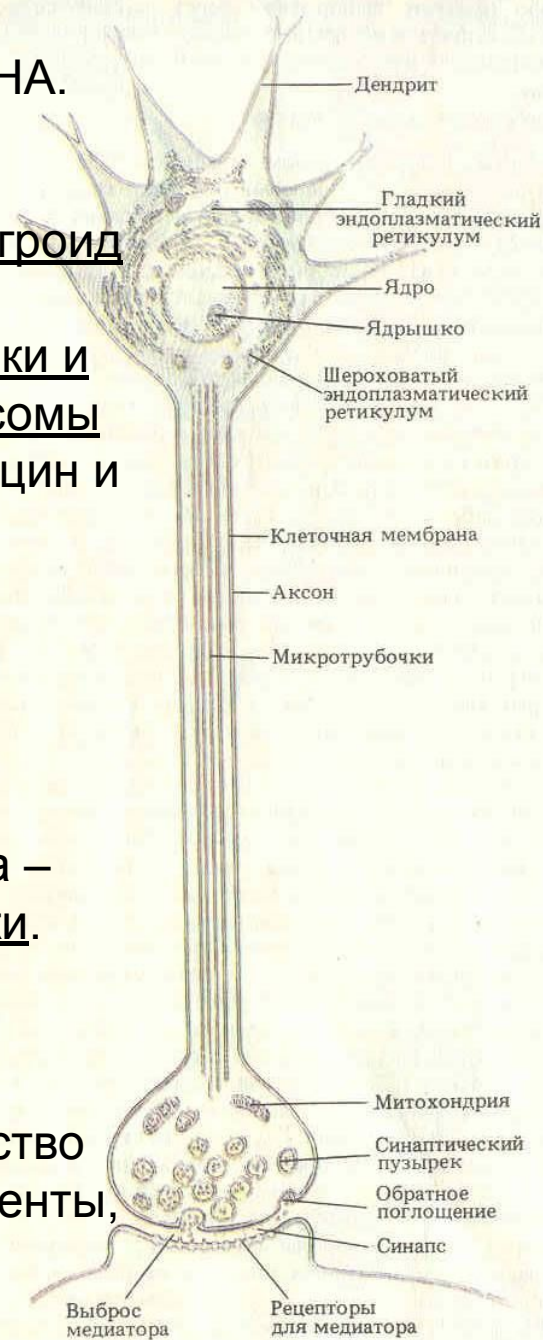


# НЕРВНАЯ ТКАНЬ. СТРОЕНИЕ НЕЙРОНА.

**Цитоплазма** нейрона: митохондрии (энергия), вещество Ниссля, или тигроид (синтез белка), аппарат Гольджи (внутренний транспорт), микротрубочки и нейрофиламенты (цитоскелет), лизосомы (переваривание), пигменты (липофусцин и меланин).

**Аксон:** от 1мм до 1 м (клетки Беца). Содержит микротрубочки, нейрофиламенты. В начале аксона – аксонный холмик, в окончании аксона – митохондрии, синаптические пузырьки.

**Дендриты** (5 -15): дихотомически ветвятся. Содержат рибосомы, вещество Ниссля, микротрубочки, нейрофиламенты, митохондрии.



Вещество Ниссля

# КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОНОВ.

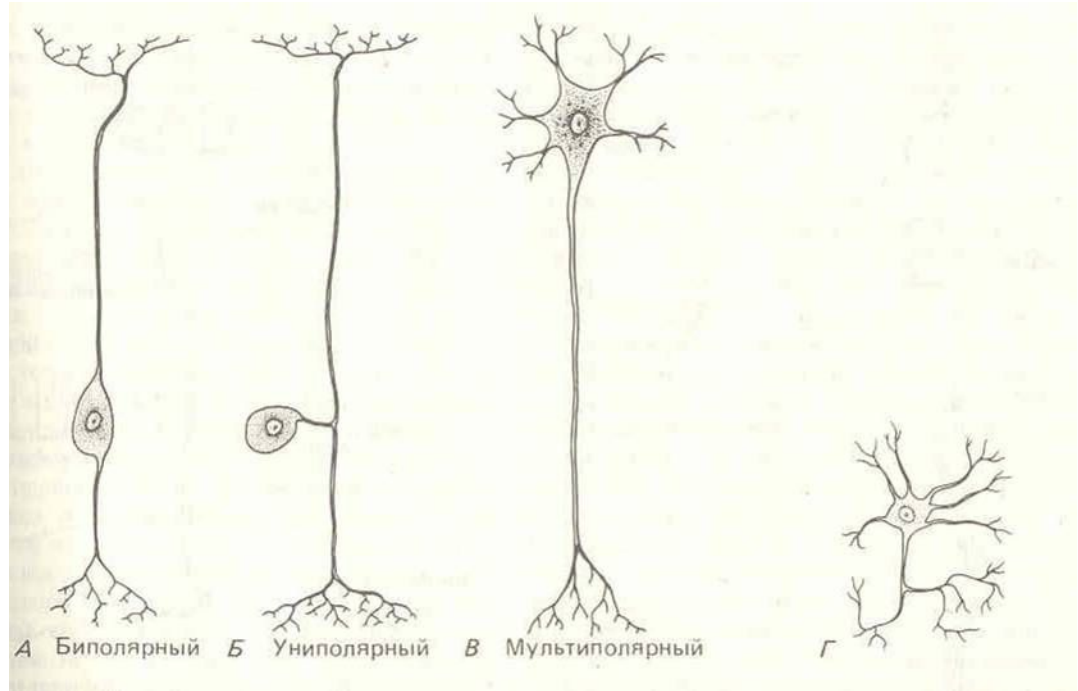
## По числу отростков:

1. Униполярные, 2. Биполярные (- псевдоуниполярные), 3. Мультиполярные.

## По функции:

Чувствительные (сенсорные),  
двигательные (моторные),  
ассоциативные  
(кондукторные).

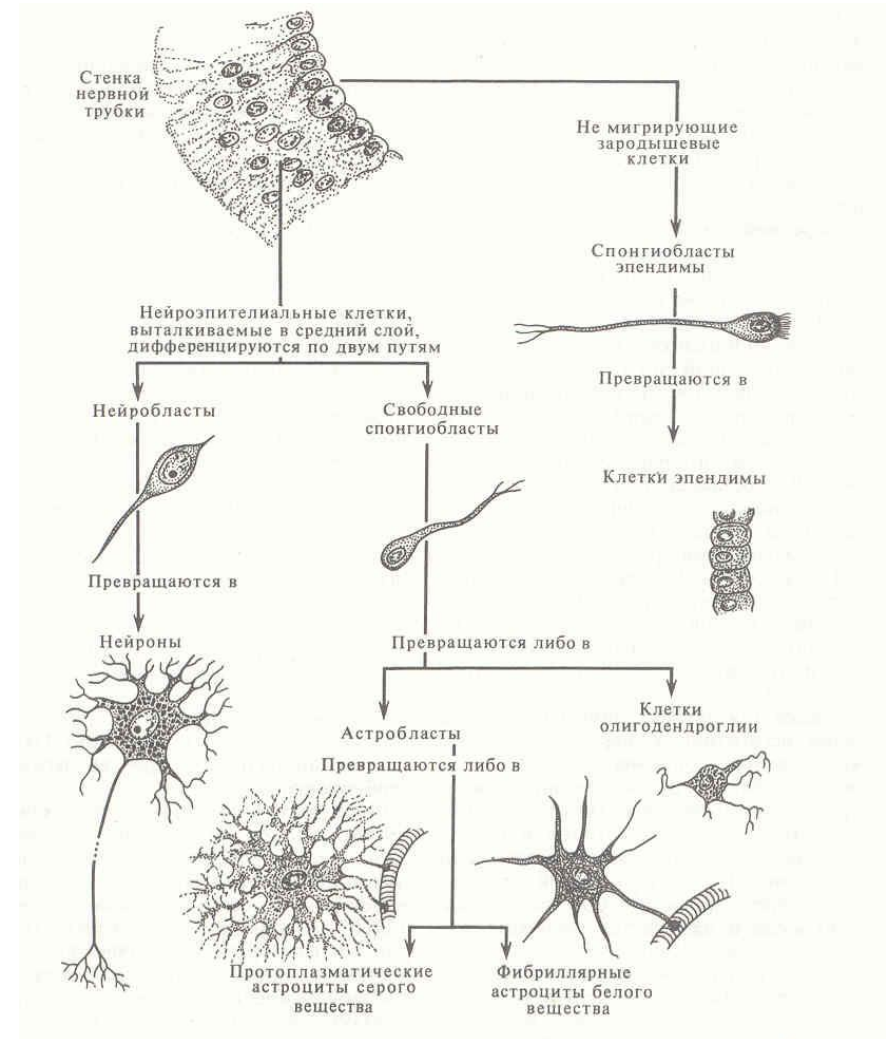
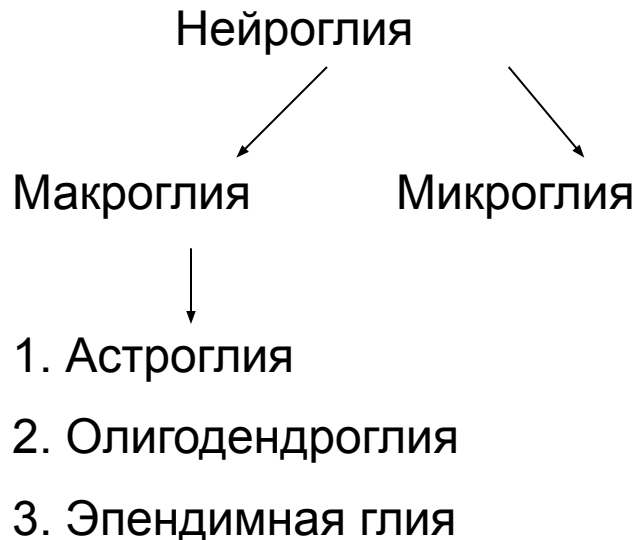
По наличию аксона: I тип –  
есть аксон (А, Б, В), II тип –  
нет аксона (Г).



**НЕЙРОНЫ не делятся.**

# НЕЙРОГЛИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ И ФУНКЦИИ.

**Нейроглия** – группа клеток нервной ткани ЦНС, обеспечивающих деятельность нейронов и выполняющих опорную, трофическую, разграничительную, барьерную, секреторную и защитную функции.



**ГЛИОЦИТЫ способны делиться**

# АСТРОГЛИЯ

Астроциты: протоплазматические (в сером веществе мозга) и фиброзные (в белом веществе мозга)

## Функции:

1 - опорная – формирование опорного каркаса ЦНС.

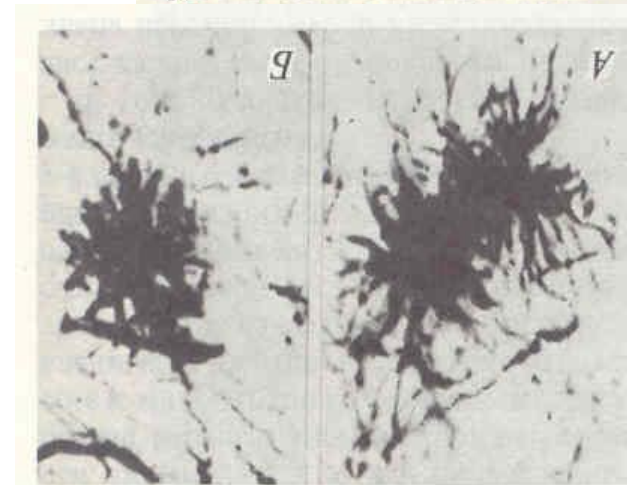
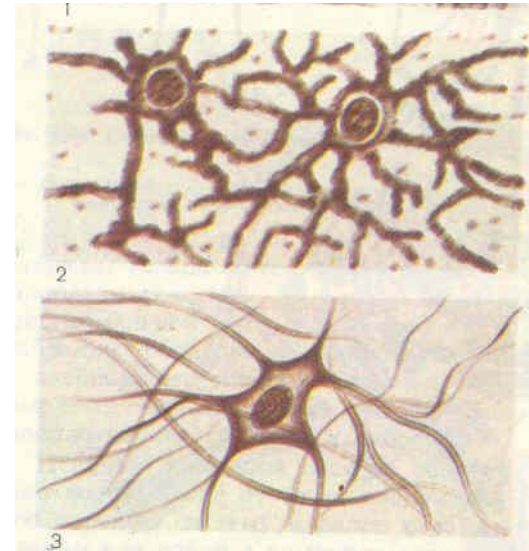
2 - разграничительная, транспортная и барьерная.

3 - образование периваскулярных пограничных мембран (в составе гематоэнцефалического барьера.)

4 - участие в образовании пограничной глиальной мембраны, входящей в состав нейроликворного барьера, отделяющего нейроны от спинномозговой жидкости.

5 - метаболическая и регуляторная – считается наиболее важной из всех.

6 - защитная (фагоцитарная, иммунная и репаративная) реакция при повреждении нервной ткани.



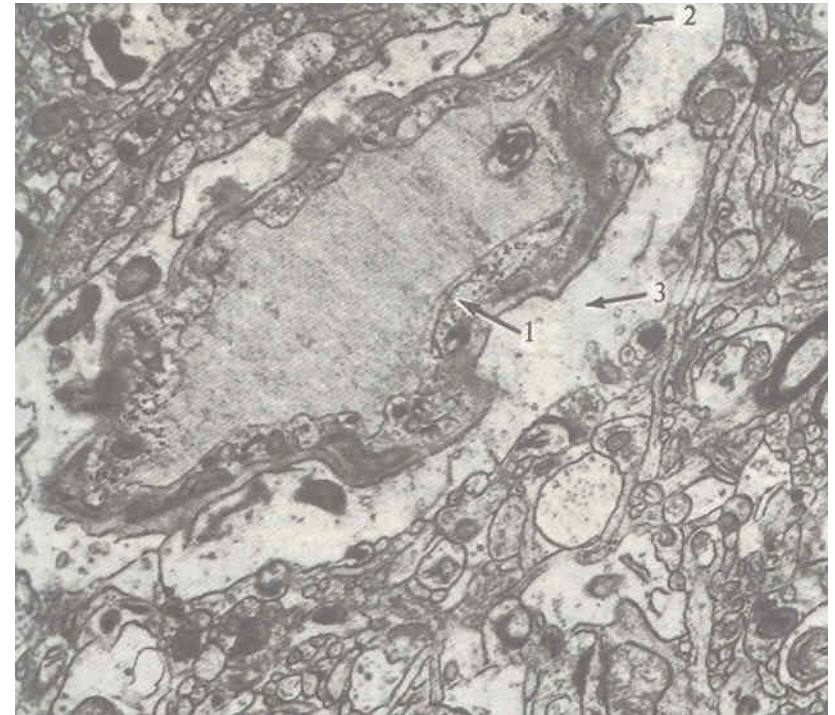


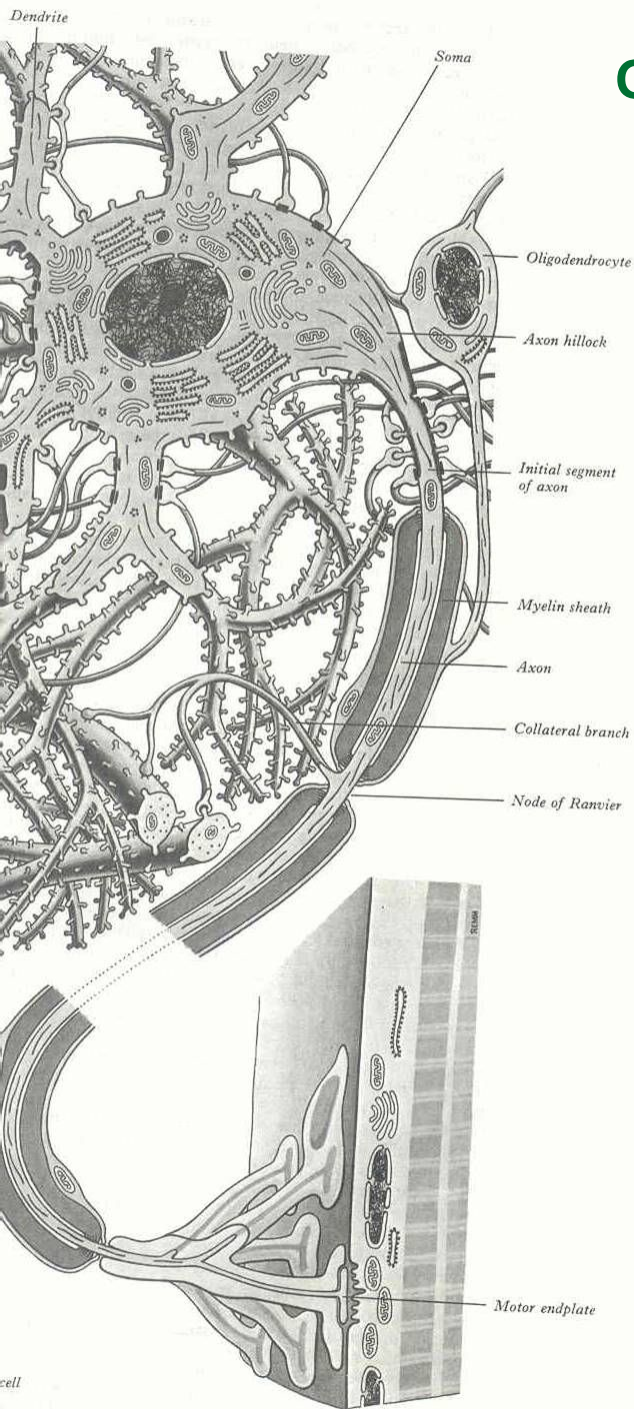
## Понятие **гематоэнцефалического** барьера.

Гематоэнцефалический барьер образуют: 1) **непрерывный эндотелий капилляров**, клетки которого соединены обширными *плотными контактами* и

2) плотная пограничная **базальная мембрана из астроцитов**, окружающая капилляры.

Проходима для газов и мелких молекул, необходимых для питания нейронов и глиальных клеток.



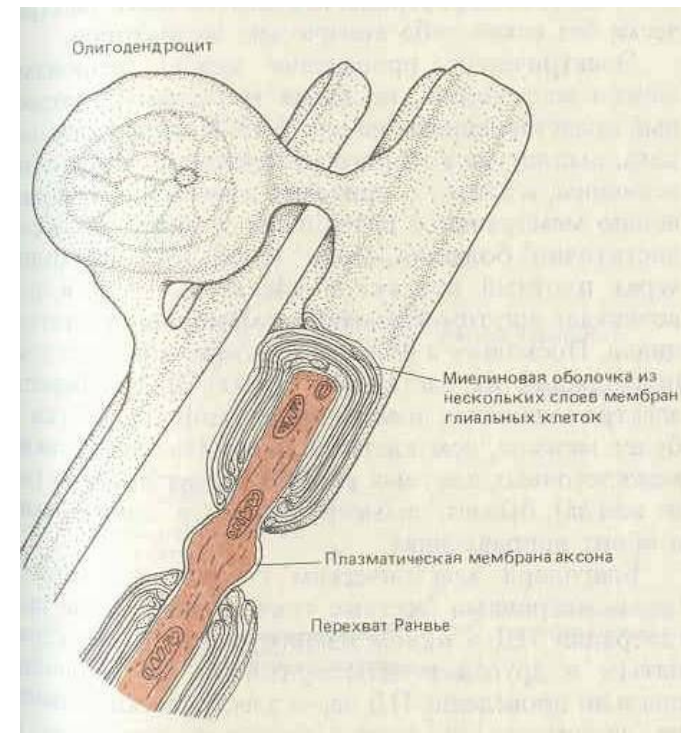


## ОЛИГОДЕНДРОГЛИЯ

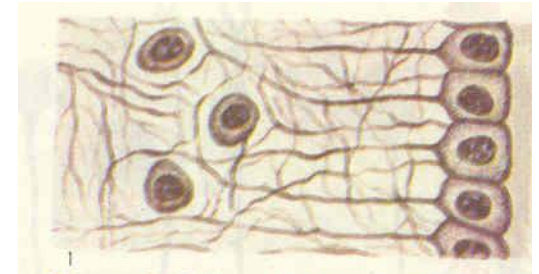
Олигодендроциты ЦНС вырабатывают **миелин**

Многочисленные мембранные слои олигодендроцита образуют миелиновую оболочку аксона между **перехватами Ранвье**.

Один олигодендроцит может «обертывать» своими отростками несколько нервных волокон (аксонов)



# ЭПЕНДИМНАЯ ГЛИЯ.

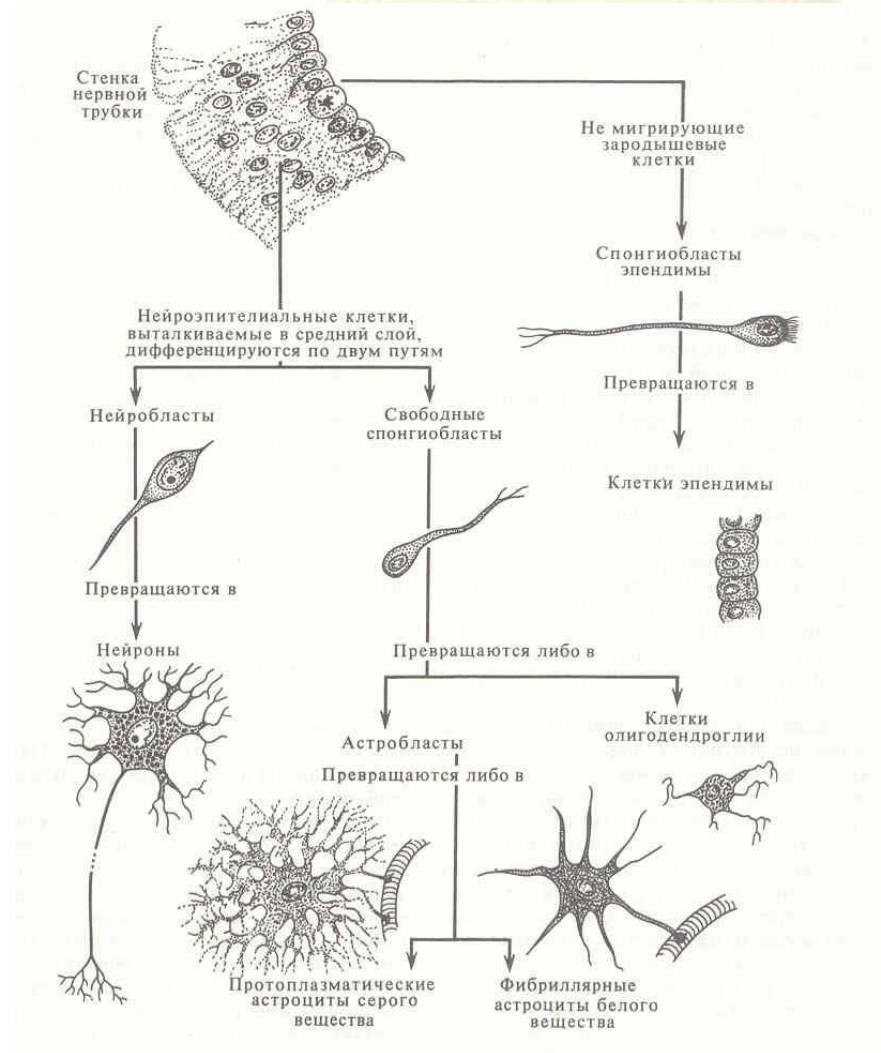


1. Представлена эпендимными клетками (внутренний слой нервной трубки).

2. Функции:

А) пролиферативная; Б) опорная; В) образование непрерывной эпителиальной выстилки центрального канала спинного мозга и желудочков головного мозга – эпендимы.

Так же эпендима «одевает» сосудистые (капиллярные) сплетения, выделяющие цереброспинальную жидкость в полость желудочков головного мозга.



# МИКРОГЛИЯ.

1. Совокупность мелких удлинённых звездчатых клеток (микроглиоцитов), разбросанных в белом и сером веществе мозга.
2. Развиваются из моноцитов, циркулирующих в крови – по функции - макрофаги мозга.
3. Обеспечивают защитную (в том числе и иммунную) функцию, фагоцитируя различные частицы, продукты распада (колотая рана мозга, воспаление).

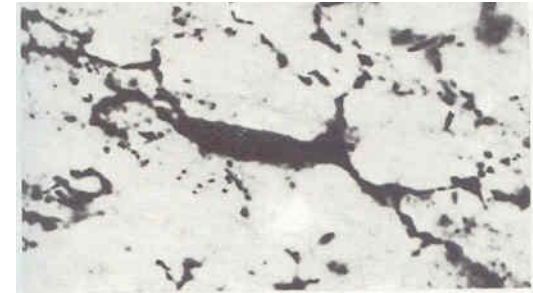


Рис. 17-30. Микрофотография микроглиальной клетки;  $\times 1100$  (с любезного разрешения С. Р. Leblond).

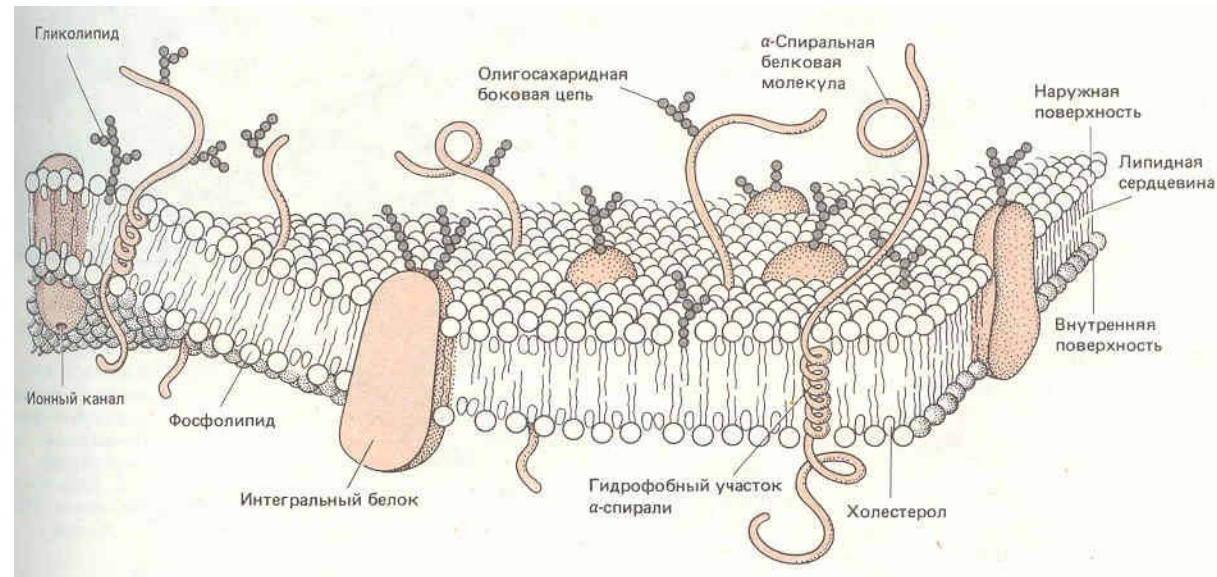


# ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ НЕРВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

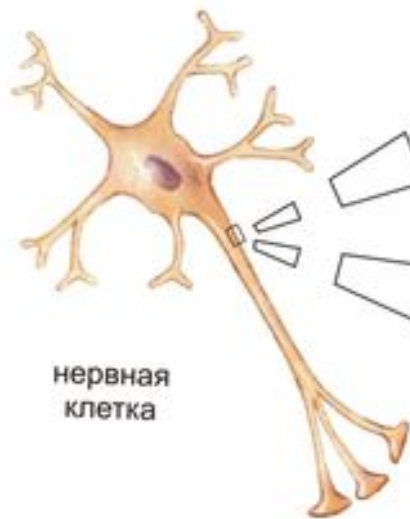
Основное свойство **нейрона** – способность **возбуждаться** (генерировать электрический импульс) и **передавать** (проводить) это возбуждение к другим клеткам (нейронам, миоцитам, железистым клеткам и т.д.).

1. Основная роль – трехслойной мембране (7 – 11 нм) с «встроенными» **ионными каналами** (Na, K, Ca, Cl) и **рецепторами** (для молекул БАВ).

2. Ионные каналы мембраны (ионные насосы) создают **разность концентраций ионов внутри и вне клетки.**

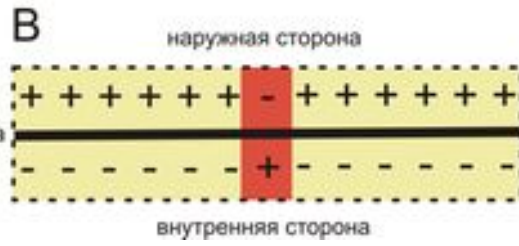
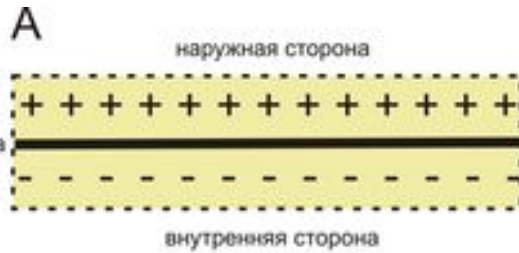


3. В результате внутренняя сторона мембраны заряжается отрицательно (от **-70мВ** до **-90мВ**) относительно внешней стороны – **потенциал покоя.**



мембрана в спокойном состоянии

мембрана, на которой возник потенциал действия



# ВОЗНИКНОВЕНИЕ НЕРВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Под возбуждением нейрона понимают возникновение потенциала действия

Снижение поляризации мембраны на 10 мВ - деполяризация



Вход в клетку ионов натрия через натриевые потенциалзависимые каналы

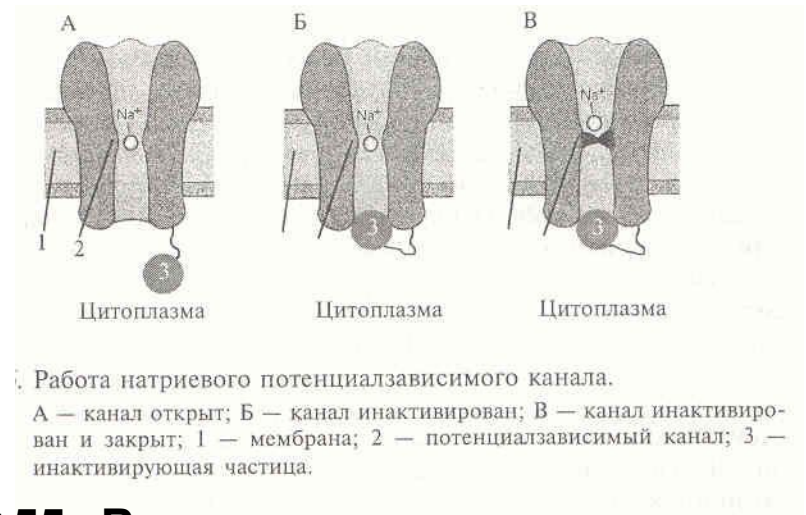


При достижении потенциала мембраны **+55мВ** (натриевый равновесный потенциал) – натриевая инактивация (через 0,5 – 1 мс)



Выход ионов калия возвращает мембранный потенциал к исходному уровню

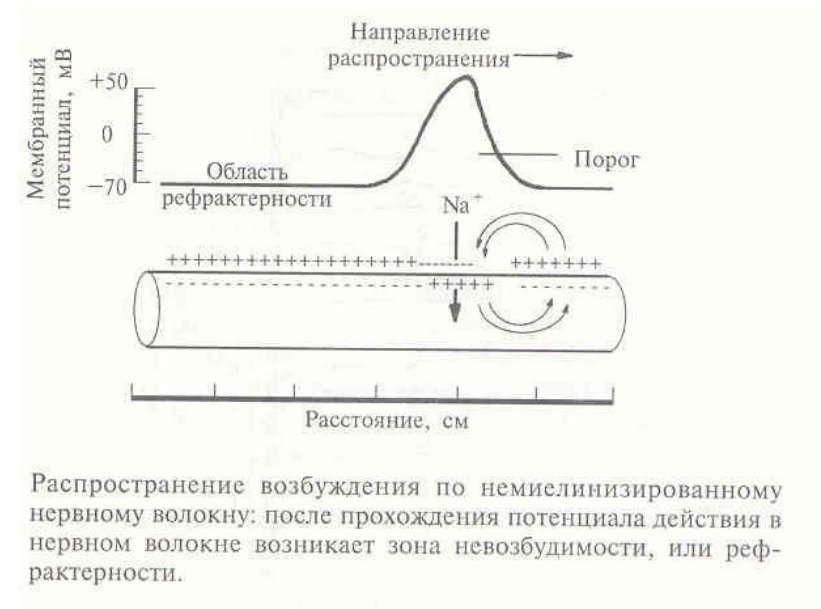
Вход ионов хлора (гиперполяризация) вызывает торможение



# ПРОВЕДЕНИЕ НЕРВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Зона генерации потенциалов действия – аксонный холмик. Возбуждение в виде потенциала действия передается от тела нейрона по его отростку – аксону.

Возбуждение движется по аксону только в одном направлении, так как после возбуждения участка аксона в нем появляется зона невозбудимости (**рефрактерность**).

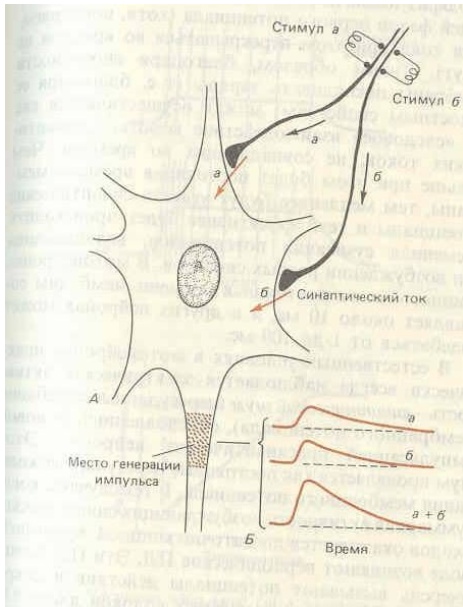


Такое проведение возбуждения характерно для **немиелинизированного** нервного волокна.

Как правило, немиелинизированы волокна, проводящие информацию о боли, температуре; управляющие медленно работающими внутренними органами – мочевым пузырем, кишечником и т.д.



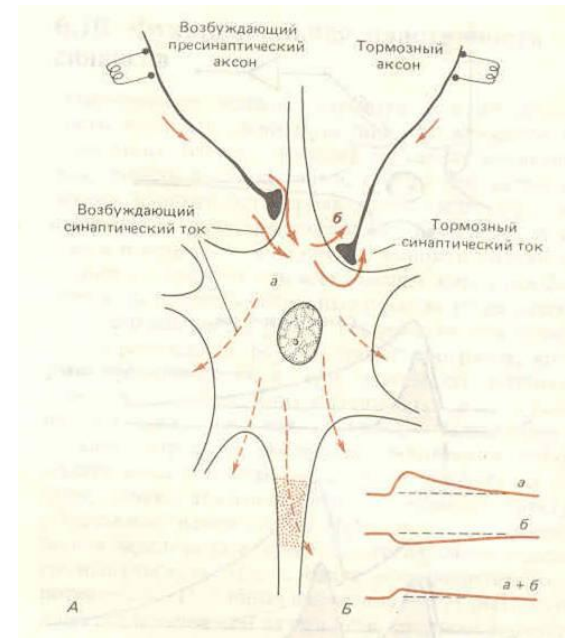
# **СУММАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА – увеличение деполяризации мембраны, связанное со сложением токов, возникающих в нескольких синапсах**



Суммация возбуждающего потенциала в мотонейроне

1. Предотвращение возбуждения нейрона под действием единственного сигнала или спонтанной активности.

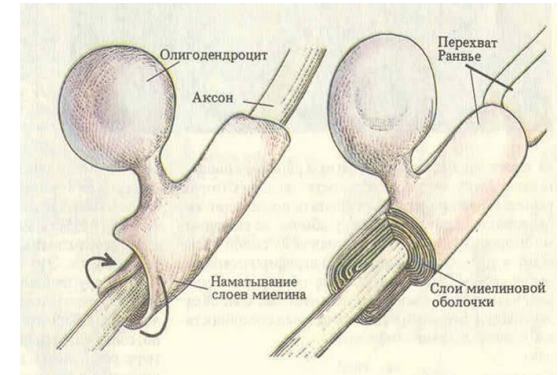
2. Исходящая от нейрона импульсация зависит от интеграции возбуждающих и тормозных токов



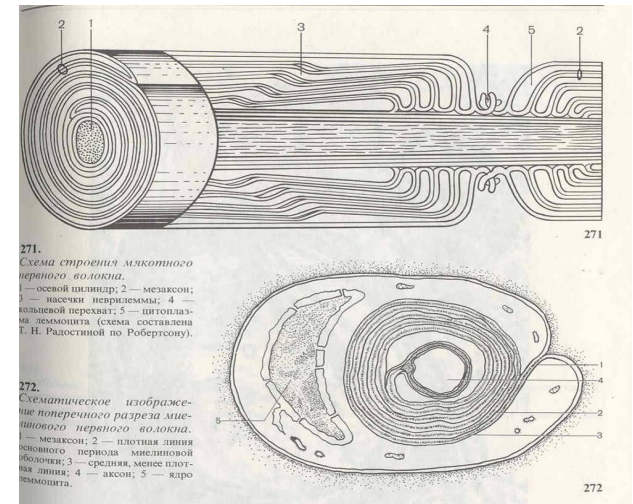
Суммация возбуждающих (вход ионов натрия) и тормозных (выход ионов калия или вход ионов хлора) синаптических токов

# ПРОВЕДЕНИЕ НЕРВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ по миелиновому нервному волокну

1. Мембрана аксона между двумя соседними миелиновыми чехлами непокрыта миелином (перехват Ранвье, 12 нм).
2. Потенциал действия возникает только в перехватах Ранвье. Так как миелин, являясь электрическим изолятором, не пропускает выхода линии тока от предшествующего возбужденного участка.
3. Потенциал действия «перескакивает» через участки изолированной мембраны.
4. Возбуждение движется скачками от перехвата к перехвату – сальтаторное возбуждение.
5. Скорость продвижения возбуждения по миелинизированному волокну выше, чем по немиелинизированному.



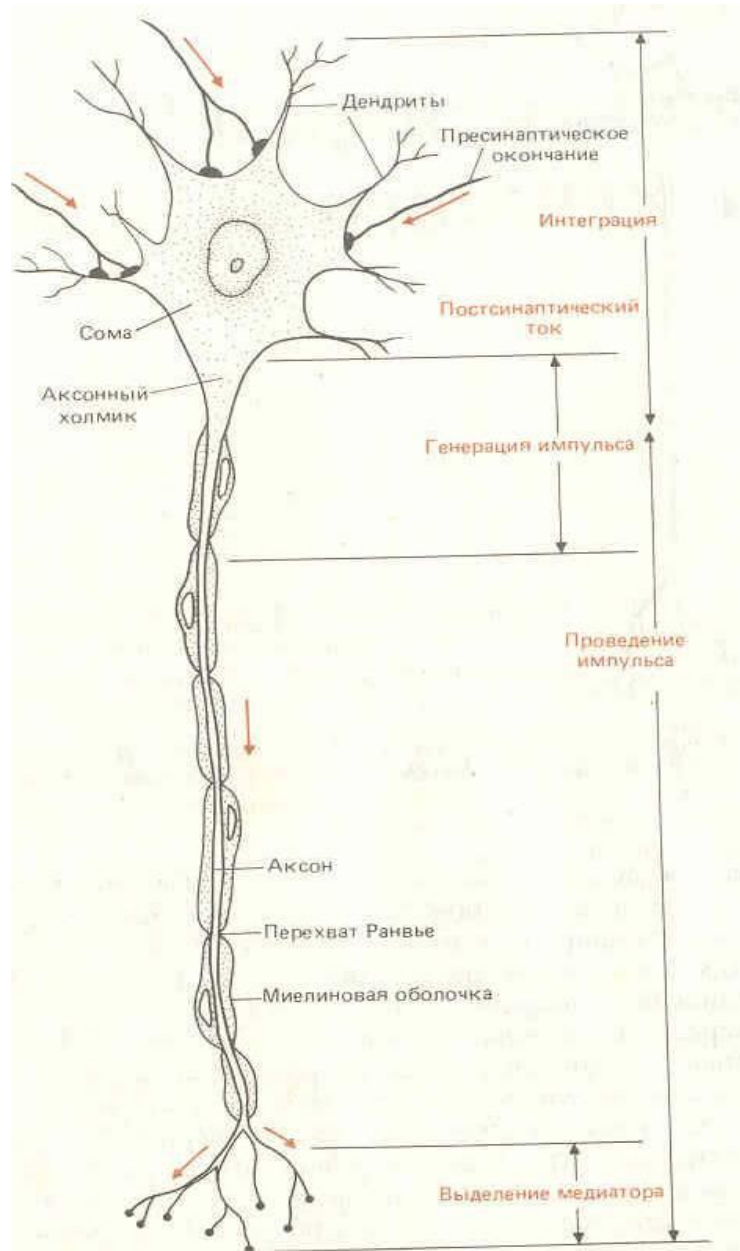
**Миелинизация** – обволакивание участка аксона миелином, выработанным олигодендроцитом (ЦНС) или шванновской клеткой (ПНС)



271.  
Схема строения миелинизированного нервного волокна.  
1 — осевой цилиндр; 2 — миелин; 3 — насечки миелин; 4 — кольчатый перехват; 5 — цитоплазматические ламеллы (схема составлена Г. Н. Радостной по Робертсону).

272.  
Схематическое изображение поперечного разреза миелинизированного нервного волокна.  
1 — миелин; 2 — плотная линия миелинового периода миелиновой оболочки; 3 — средняя, менее плотная линия; 4 — аксон; 5 — ядро шванновской клетки.

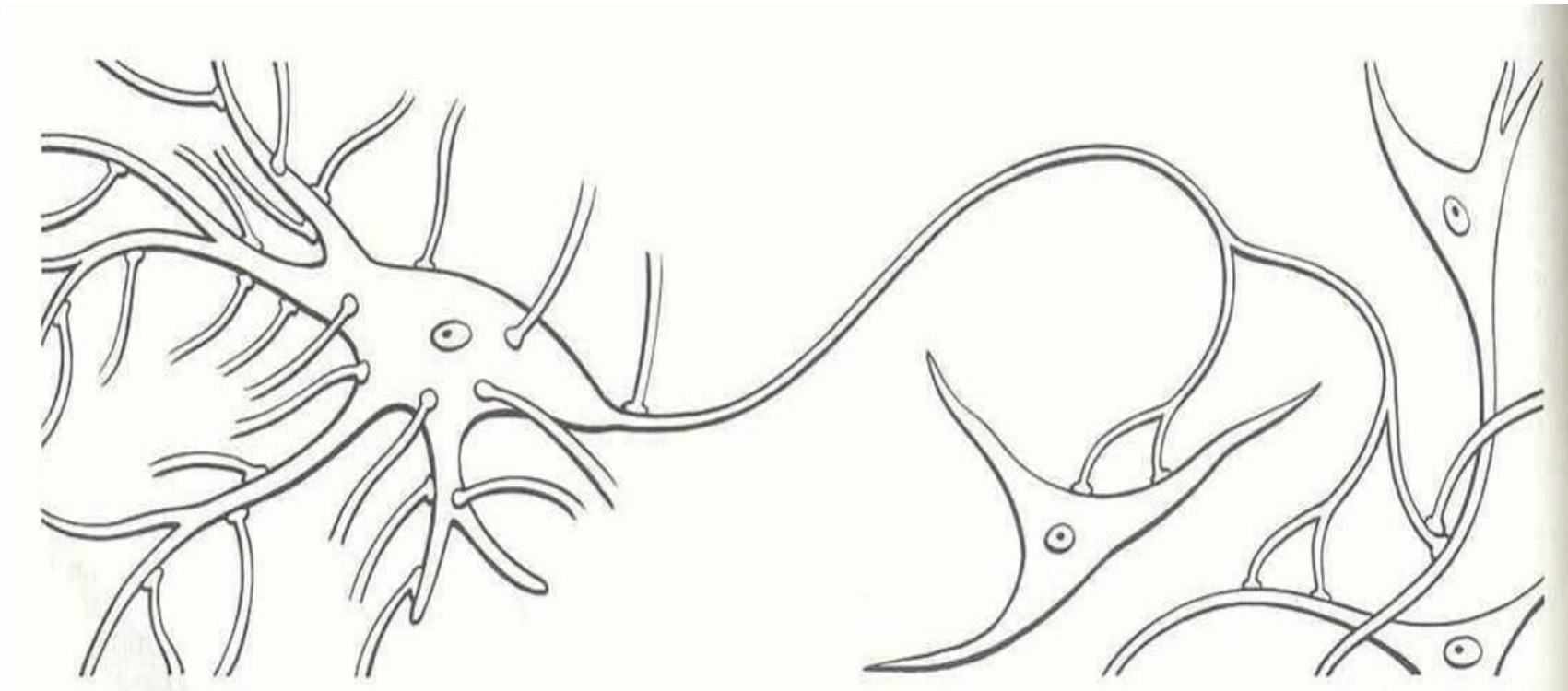
# СХЕМА ФУНКЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЕЙ НЕЙРОНА ПОЗВОНОЧНОГО



# СИНАПС: СТРОЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ

---

Нейроны образуют нервные сети (цепи) посредством межклеточных контактов - **синапсов**



## СТРОЕНИЕ СИНАПСА.

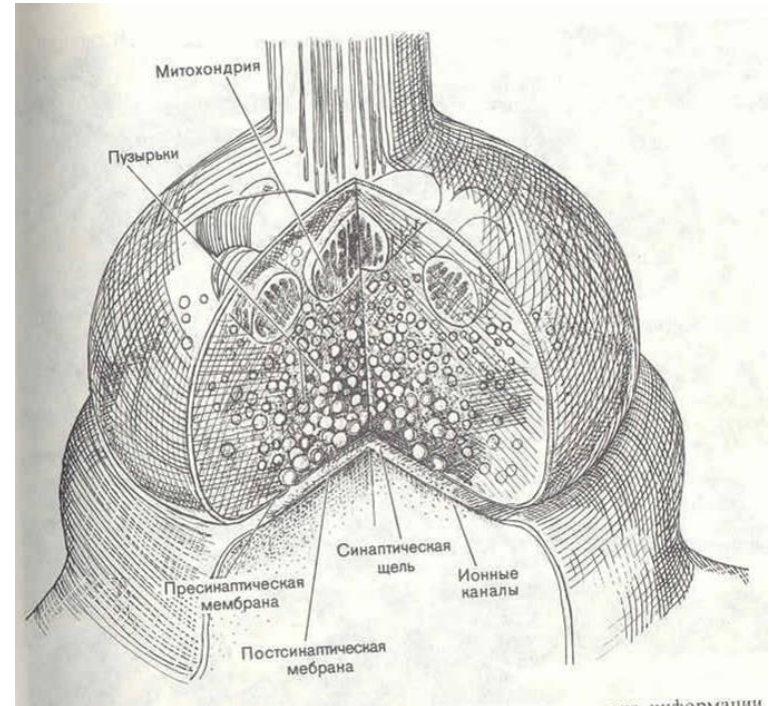
**Синапсы** (межклеточные контакты) – щели шириной 10 – 50 нм между двумя нейронами, или нейроном и другой клеткой (гладкомышечной, секреторной и т.д.)

**Синаптическая передача** – процесс передачи информации в синапсе:

**пресинаптический нейрон** -

- выделение из везикул **нейротрансмиттера** в синаптическую щель (экзоцитоз) –

- рецептор **постсинаптического нейрона** – возникновение **постсинаптического потенциала**



**Нейротрансмиттер** – посредник для передачи сигнала от передающей клетки к воспринимающей – замыкает цепь, осуществляя **химическую** передачу электрического импульса через синапс.

# НЕЙРОТРАНСМИТТЕРЫ: МЕДИАТОРЫ И МОДУЛЯТОРЫ.

Большинство НТ синтезируется в самих нейронах.

## Нейротрансмиттеры:

### Нейромедиаторы

– прямые передатчики нервного импульса

#### 1. **Возбуждающие**

аминокислоты: глутамат (конечный мозг, мозжечок), аспартат

#### 2. **Тормозные**

(ингибирующие) аминокислоты: ГАМК (мозжечок, гиппокамп), глицин (спинной мозг, продолговатый мозг).

### Нейромодуляторы –

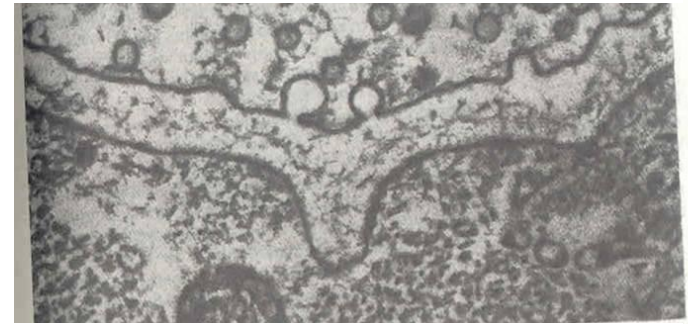
модифицируют эффекты нейромедиаторов

#### 1. **Возбуждающие:**

норадреналин (синее пятно ствола мозга), серотонин (эпифиз)

#### 2. **Тормозные**

(ингибирующие): аденозин, дофамин (средний мозг, гипоталамус).



Электронномикроскопическое изображение синапса с экзоцитозом везикул

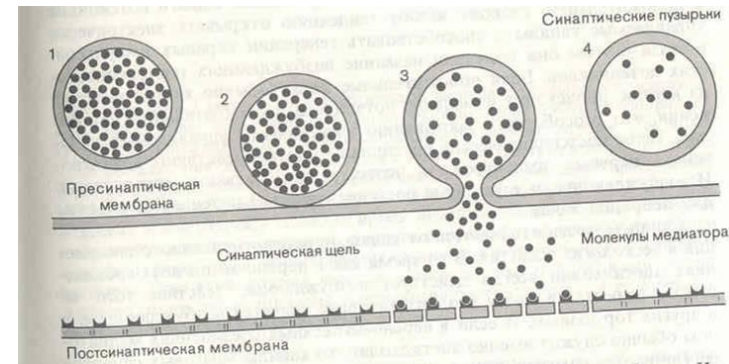
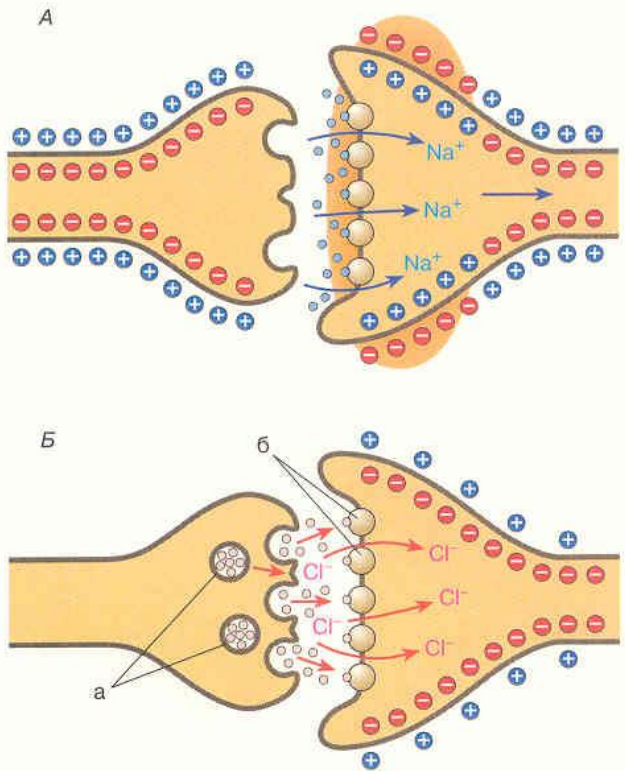


Схема экзоцитоза везикул



**Рис. 2.** Последствия взаимодействия нейромедиатора с рецепторами постсинаптической клетки (по [7]): А – открытие возбуждающим медиатором Na<sup>+</sup>-каналов постсинаптического нейрона с его деполяризацией и генерацией в нем потенциала действия; Б – открытие ингибирующим медиатором Cl<sup>-</sup>-каналов постсинаптического нейрона с его гиперполяризацией, а – везикулы ГАМК или глицина, б – рецепторы

Синапсы по наличию или отсутствию НТ:

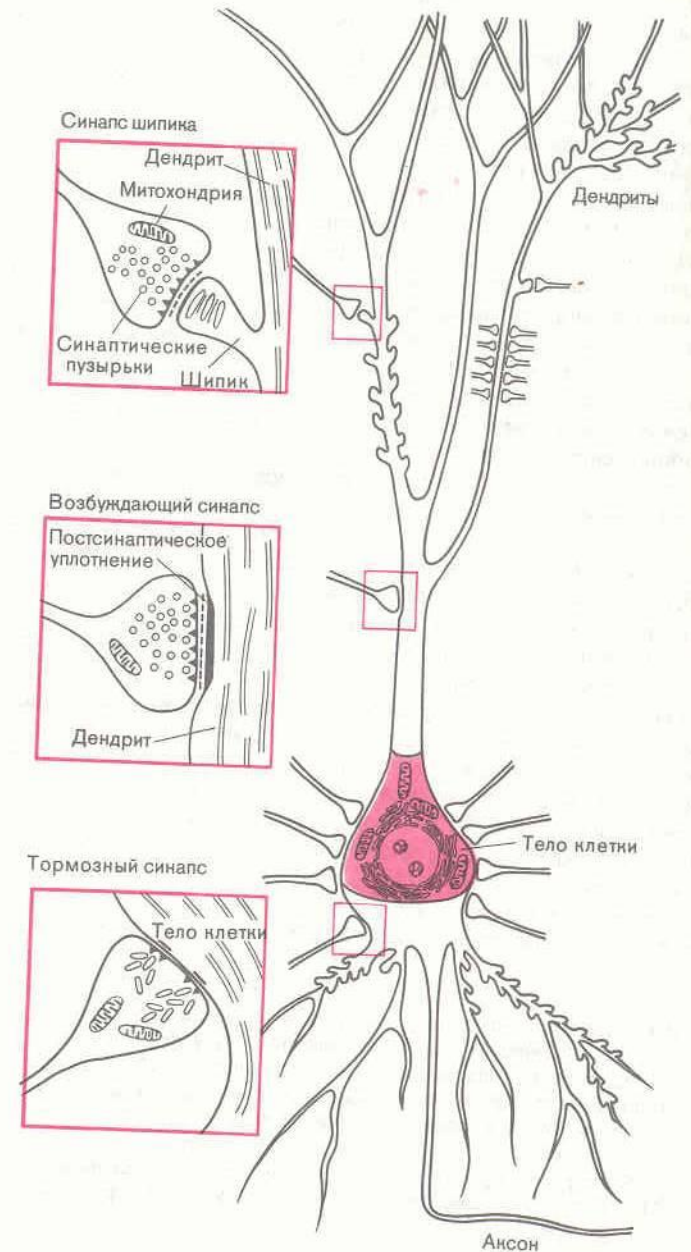
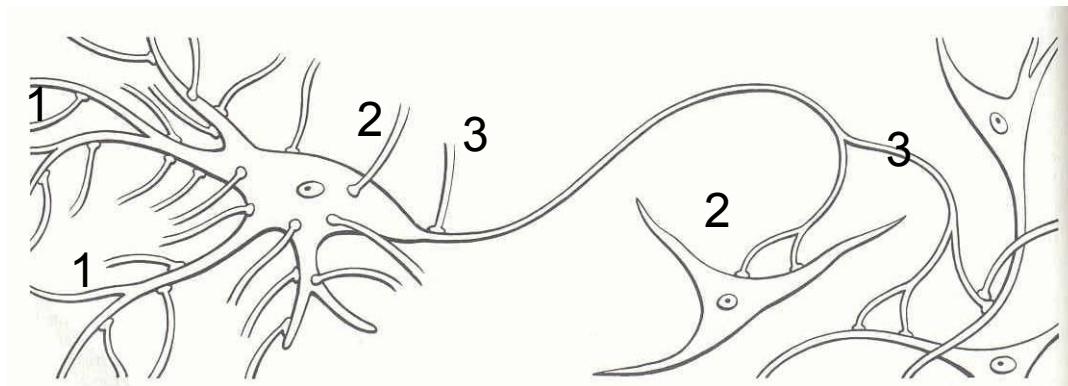
- химические (есть),
- электрические (нет, плотные контакты),
- смешанные.

Функциональные виды синапсов:

- возбуждающие
- тормозные

## ПО МЕСТУ РСПЛОЖЕНИЯ КОНТАКТА СИНАПСЫ БЫВАЮТ:

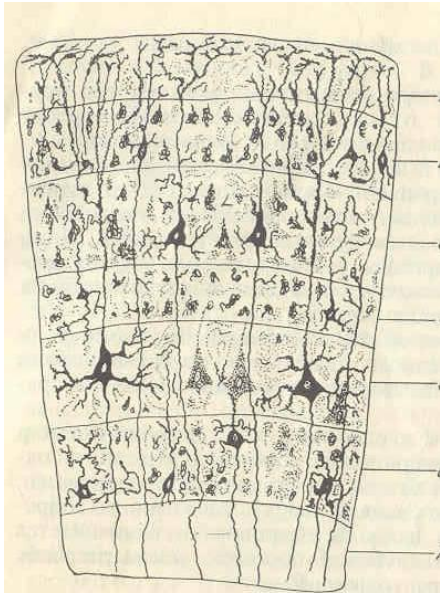
1. Аксодендритические (в основном возбудительного типа)
2. Аксосоматические (большей частью тормозного типа)
3. Аксоаксонные
4. Дендросоматические
5. Дендродендритные





# ФОРМИРОВАНИЕ НЕРВНЫХ СЕТЕЙ. ПОНЯТИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НЕРВНОГО МОДУЛЯ

Схема корковой колонки  
головного мозга

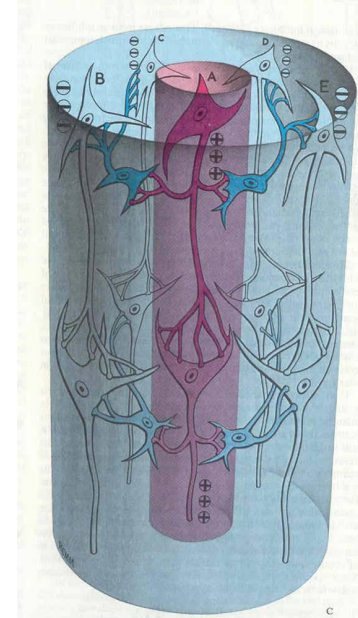


1. **Нейроны** объединены в перекрывающиеся нейронные **сети**

2. **Нейроны** не разбросаны хаотично в НС, а **объединены в модули** (корковая колонка ГМ, пластинка заднего рога серого вещества СМ)

3. **Модуль** – определенный участок ЦНС, обеспечивающий анализ поступающего раздражения и формирование ассоциативных связей с другими отделами НС.

4. **Модули** объединяются в системы более высокого **уровня** (корковые центры зрения, двигательные центры и т.д.)



Имеет сложные внутримодальные межнейронные отношения.

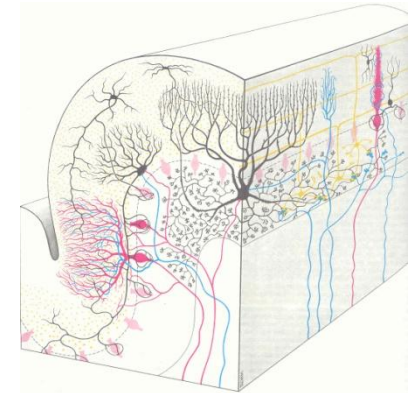
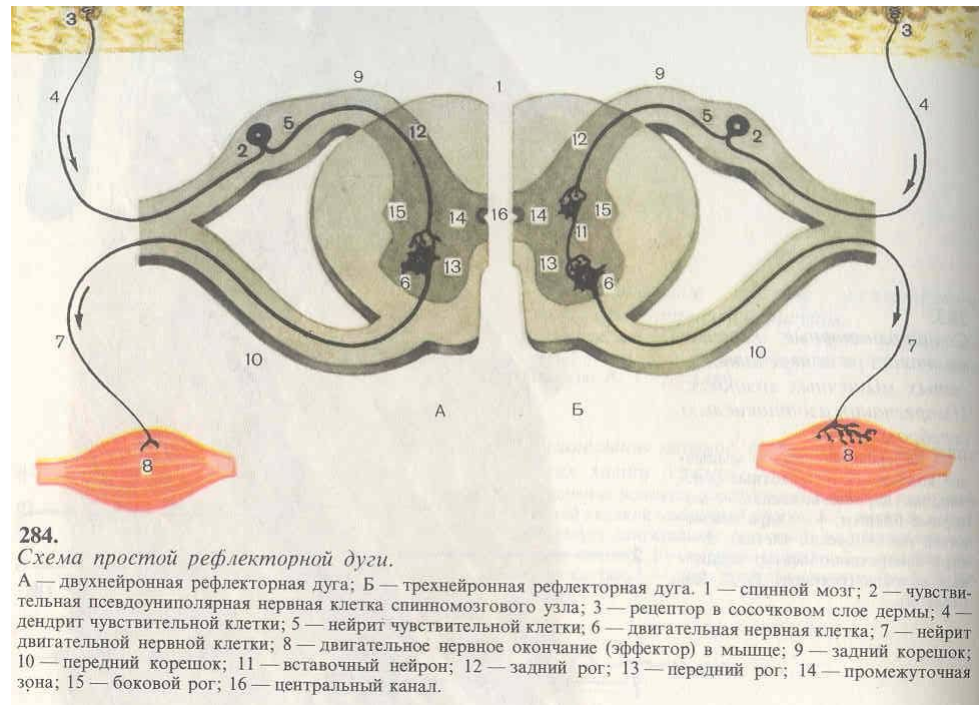


Схема коры мозжечка

**Рефлекс** – действие животного организма в ответ на раздражение, возникающее во внешней или внутренней среде организма и реализуемое через нервную систему

---

**Рефлекторная дуга** – структурная основа рефлекса



# ВИДЫ РЕЦЕПТОРОВ

**Рецептор** – чувствительное нервное окончание. Обеспечивает восприятие специфических раздражений из внешней и внутренней среды организма и трансформацию энергии раздражения в чувствительный нервный импульс.

Виды рецепторов :

Экстерорецепторы – в коже и слизистой оболочке. Воспринимают тактильные, температурные, болевые раздражения из внешней среды.

Проприорецепторы – в мышцах, сухожилиях, фасциях, надкостнице, связках, суставных капсулах. Воспринимают чувство веса, давление, вибрацию, положение частей тела, степень напряжения мышц.

Интерорецепторы – во внутренних органах, железах, стенках кровеносных и лимфатических сосудов. Воспринимают степень наполнения органа, болевые ощущения.

# СТРОЕНИЕ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ СОМАТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА

**Первый** (чувствительный, центростремительный, афферентный, сенсорный) нейрон.

Тела этих биполярных (псевдоуниполярных) нейронов лежат в спинномозговых ганглиях задних корешков спинного мозга.

Периферический отросток такого чувствительного нейрона заканчивается нервным окончанием – рецептором (экстеро- и проприо-).

Центральный отросток чувствительного нейрона в составе заднего корешка спинного мозга заходит через заднелатеральную борозду в спинной мозг, где в заднем роге серого вещества СМ переключается на тело второго нейрона рефлекторной дуги соматического рефлекса.

## СТРОЕНИЕ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ СОМАТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА

**Второй** (вставочный, кондукторный, ассоциативный, интернейрон) нейрон.

Тело этого нейрона (или нескольких нейронов) располагается в задних рогах серого вещества спинного мозга.

Его аксон переключается на третий (двигательный) нейрон рефлекторной дуги соматического рефлекса в передних рогах серого вещества.

## СТРОЕНИЕ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ СОМАТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА

**Третий** (двигательный, центробежный, эфферентный, мотонейрон) нейрон.

Тела этих нейронов лежат в 5-ти двигательных ядрах передних рогов серого вещества спинного мозга.

Аксоны третьих двигательных нейронов выходят через переднюю боковую борозду в составе передних корешков спинного мозга.

Они оканчиваются на скелетных мышцах двигательной концевой пластинкой.

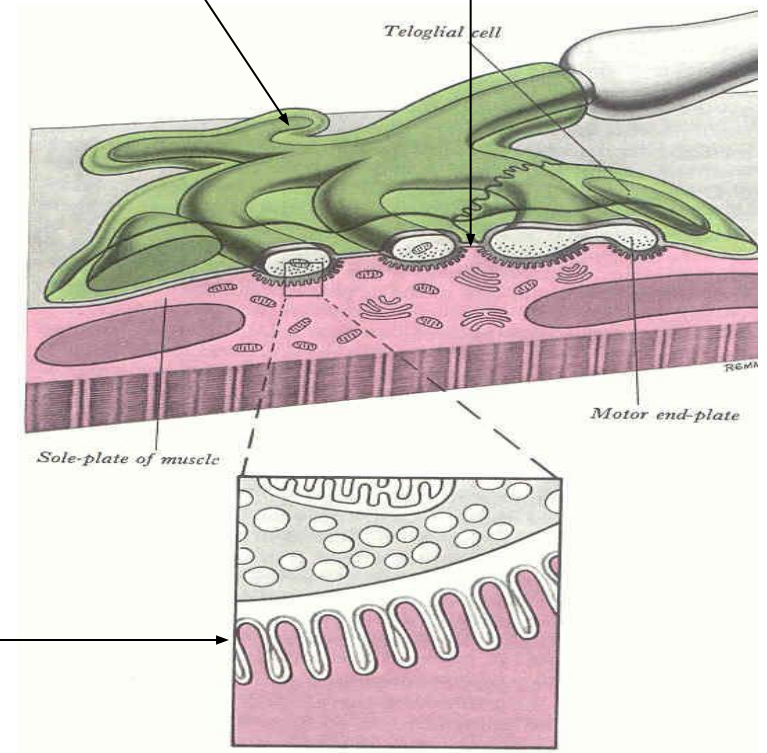
# ДВИГАТЕЛЬНАЯ КОНЦЕВАЯ ПЛАСТИНКА

Это нервно-мышечное соединение (синапс между аксоном и мышечным волокном) в виде уплощенного холмика.

Сплошную «крышу холмика» над безмиелиновыми окончаниями (терминалями) аксона образуют шванновские клетки.

Разветвления (окончания, терминали) аксона лежат в канавках, выстланных сарколеммой.

В этом месте поверхность синаптической щели со стороны мышечного волокна увеличивается за счет складок сарколеммы – субсинаптических складок, между которыми имеются субсинаптические щели.



# ОТДЕЛЫ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ.

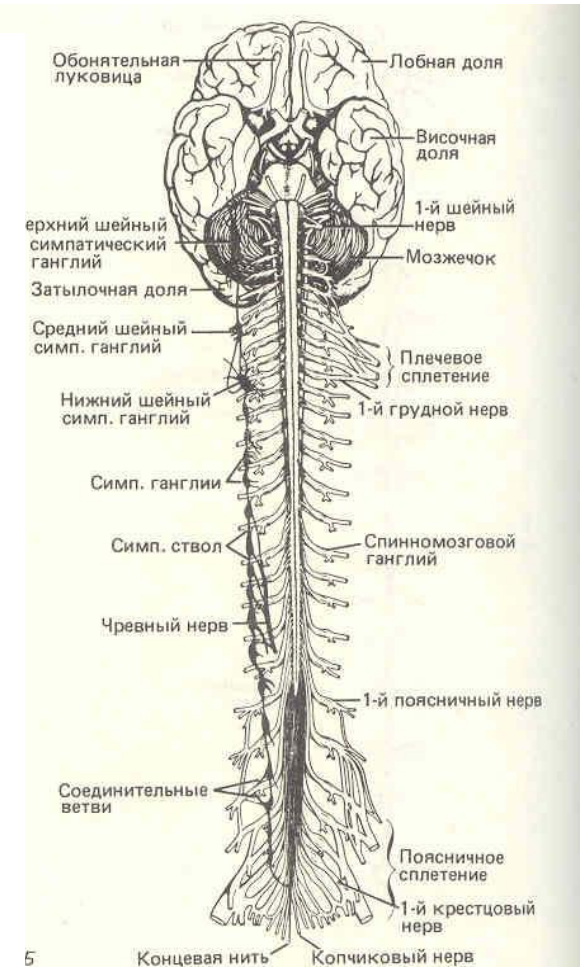
С анатомической точки зрения НС имеет два отдела: **центральный** и **периферический**

**ЦНС** окружена и защищена костями. Состоит из **головного** мозга, заключенного в черепе и **спинного** мозга, который проходит по каналу позвоночника и заканчивается на границе между 1 - 2 поясничными позвонками.

**ПНС** представлена главным образом **нервами**, отходящими попарно от головного и спинного мозга, **нервными узлами (ганглиями)** и **сплетениями**.

Нервы, которые идут от головного мозга: **черепно-мозговые** (черепные). От спинного мозга: **спинномозговыми** (или спинальными).

План построения ЦНС и ПНС подчинен **принципу сегментарности**.

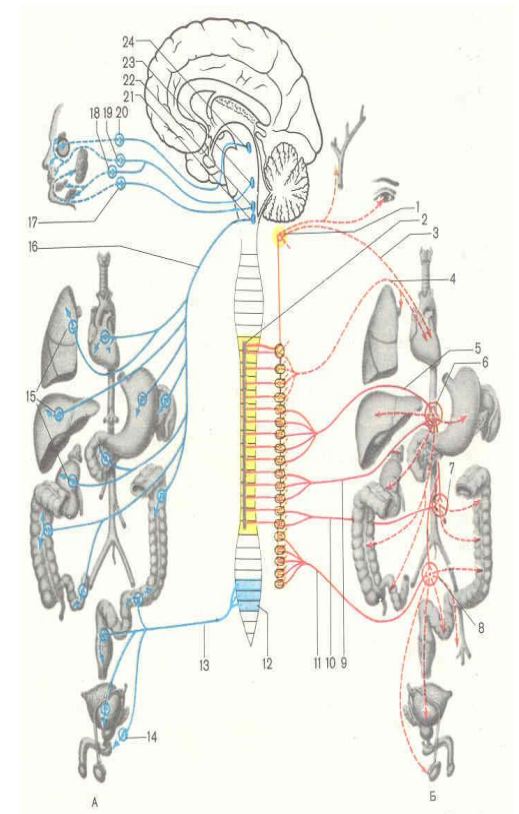




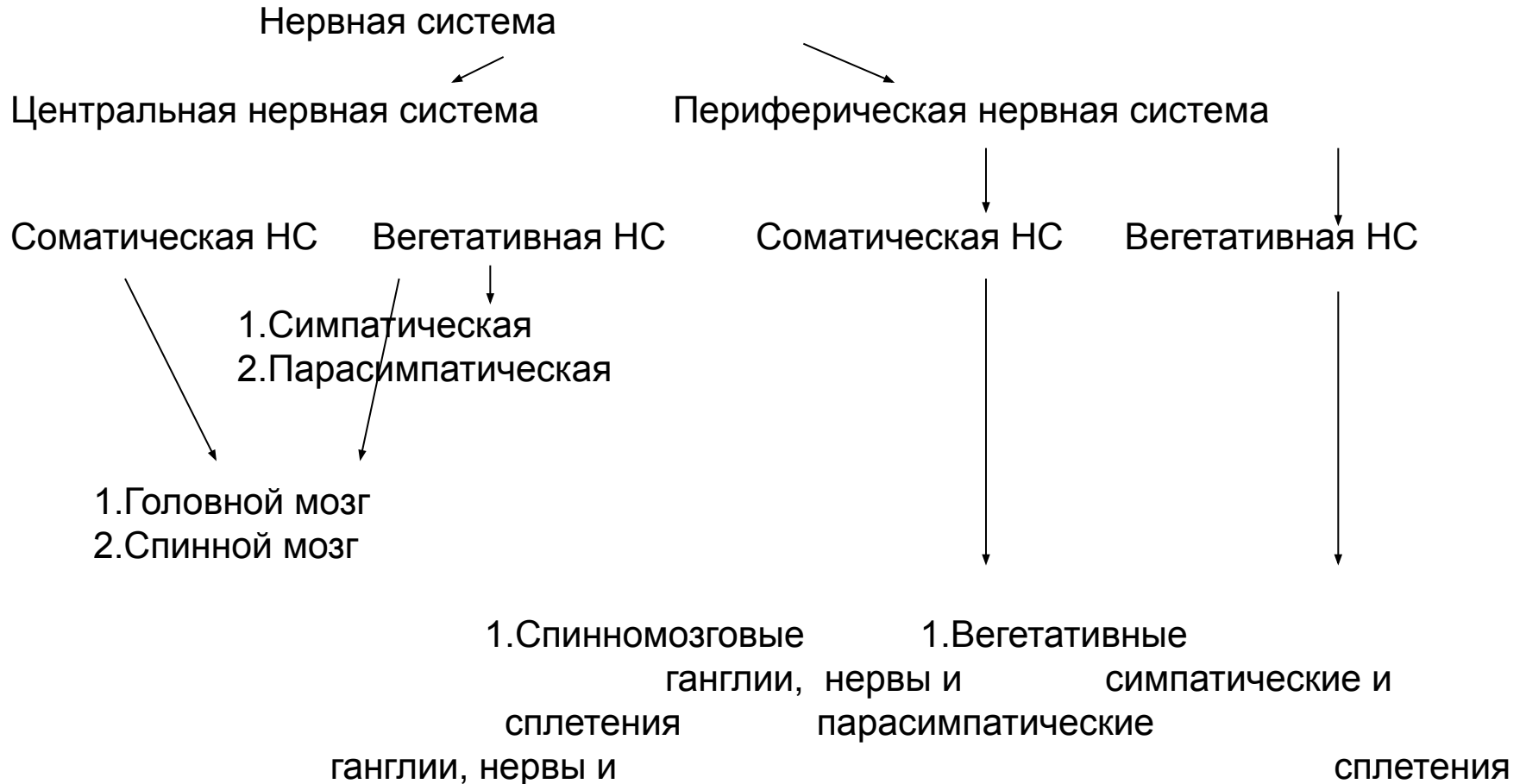
С точки зрения функции интеграции НС всех частей организма, с одной стороны, и связи организма с внешней средой, с другой: **соматический** и **вегетативный** отделы.

**К соматическому отделу** относятся центральные нервные аппараты спинного и головного мозга, чувствительные и двигательные нервные проводники, которые, с одной стороны, воспринимают раздражения из внешней среды и двигательного аппарата, а с другой – **иннервируют поперечнополосатую скелетную мускулатуру**.

Иннервация внутренних органов, желез, стенок лимфатических и кровеносных сосудов относится к **вегетативному** отделу НС и в свою очередь делится на **симпатическую** и **парасимпатическую** иннервацию.



# ОТДЕЛЫ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ.



**БЛАГОДАРЮ ЗА  
ВНИМАНИЕ**

