

# ***Основы нейрофизиологии***

**К.б.н., ст. преподаватель кафедры  
Биологии Южно-уральского  
государственного медицинского  
университета**

**Прачёва Анна Александровна**



***Нейрофизиология относится к разделу физиологии, который изучает функции нервной системы, в том числе её единиц - нейронов.***

# ***Основные процессы в нервной системе***

**Трансдукция.** Превращение раздражения, внешнего по отношению к самой нервной системе, в нервное возбуждение, которым она может оперировать.

**Трансформация.**

Переделка, преобразование входящего потока возбуждения в выходящий поток с отличающимися характеристиками.

**Распределение.** Распределение возбуждения и направление его по разным путям, по разным адресам.

# **Основные процессы в нервной системе**

**Моделирование.** Построение нервной модели раздражения и/или раздражителя, которая заменяет сам раздражитель. С этой моделью нервная система может работать, она может её хранить, видоизменять и использовать вместо реального раздражителя.

**Сенсорный образ** - один из вариантов нервных моделей раздражения.

**Модуляция.** Нервная система под влиянием раздражения изменяет себя и/или свою деятельность.

# **Развитие нервной системы в эмбриогенезе**

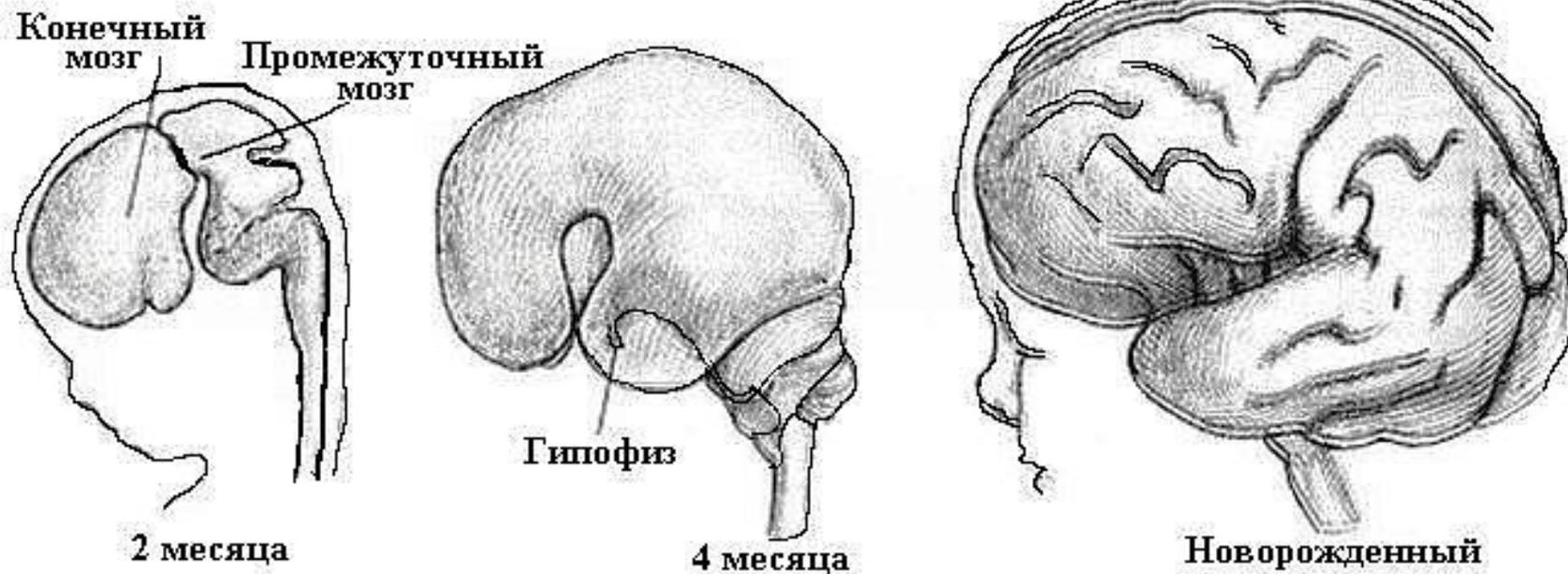
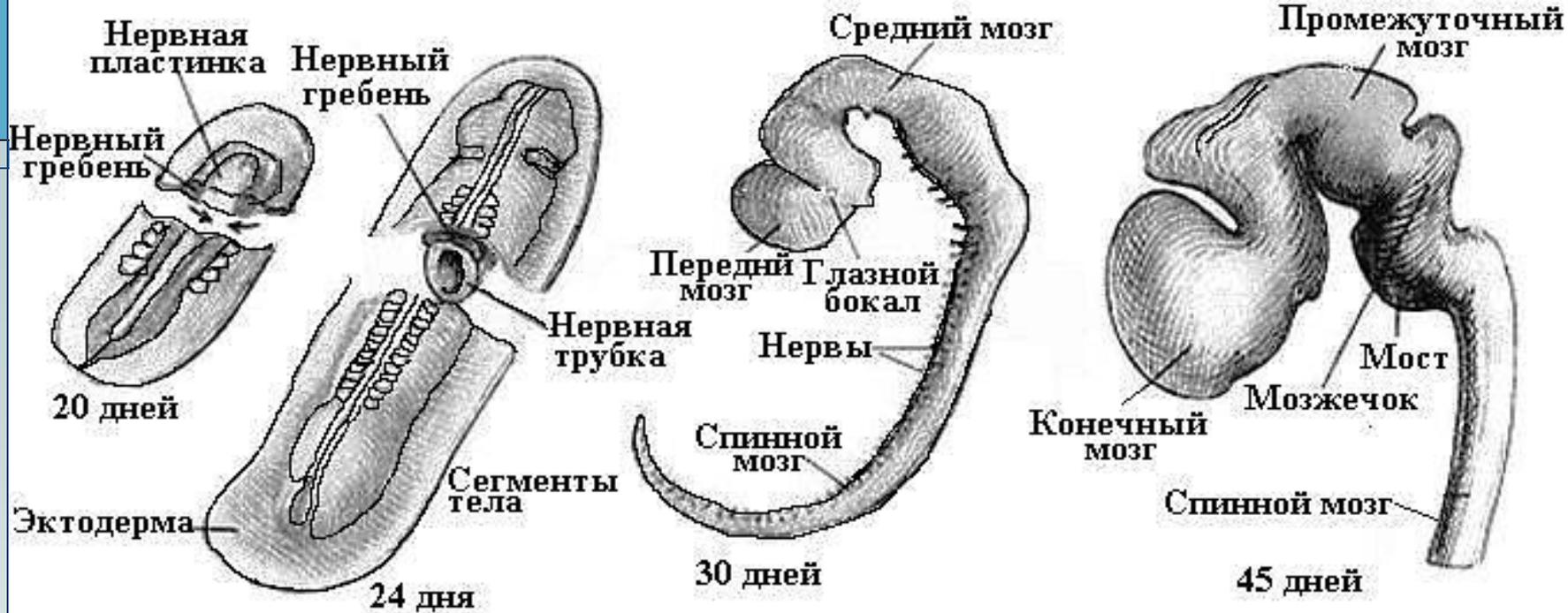


Нервная система развивается из наружного зародышевого листка — эктодермы.

В конце 2-й недели после оплодотворения обособляется участок первичного эпителия и образуется нервная пластинка.

В результате деления клеток края нервной пластинки приподнимаются и появляются нервные валики.

В конце 3-й недели беременности края валиков смыкаются, образуя нервную трубку, которая постепенно погружается в мезодерму зародыша. Головной конец нервной трубки расширяется, и из него начинает развиваться головной мозг, а из оставшейся части — спинной мозг.



# Строение нейрона



**Нейрон** – структурно-функциональная единица центральной-нервной системы.

**Тело** (сома) нейрона - центральная часть нейрона, обеспечивающая питанием все остальные части клетки.

**Аксон** – одиночный, обычно длинный выходной отросток нейрона, служащий для быстрого проведения возбуждения. Начальный сегмент аксона нейронов (аксональный холмик) является триггерной зоной – местом первоначальной генерации возбуждения.

**Дендриты** – древовидно-ветвящиеся отростки нейрона, его главное рецептивное поле, обеспечивающее сбор информации, которая поступает через синапсы от других нейронов или прямо из среды.

# Строение нейрона

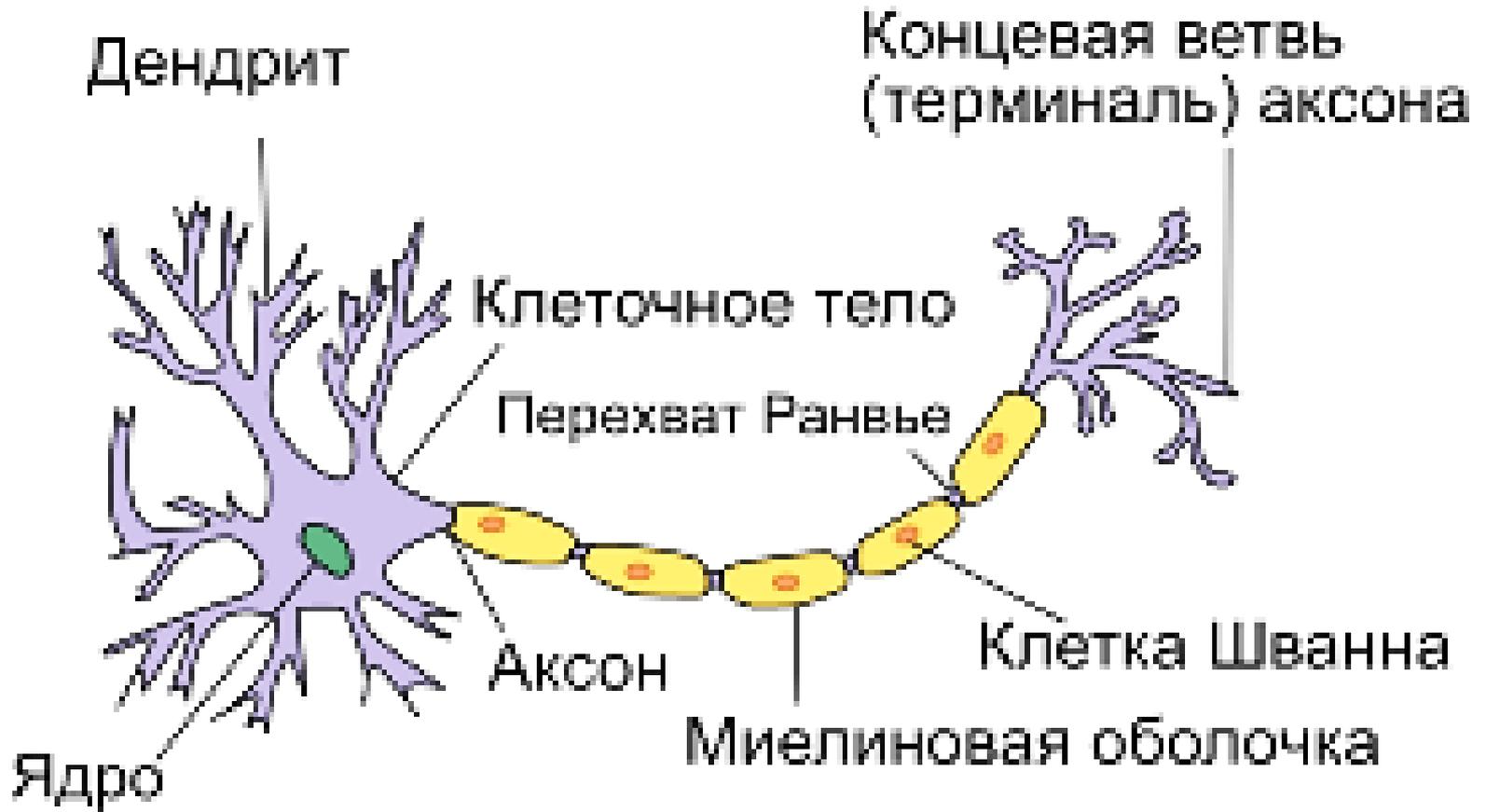


На дендритах имеются микроскопических размеров выросты (шипики), которые значительно увеличивают поверхность соприкосновения с другими нейронами.

Особого развития шипики достигают на клетках больших полушарий головного мозга. На каждом шипике может быть до 8 синапсов (межклеточных контактов).



# Нейроны. Строение. Классификация. Функции.



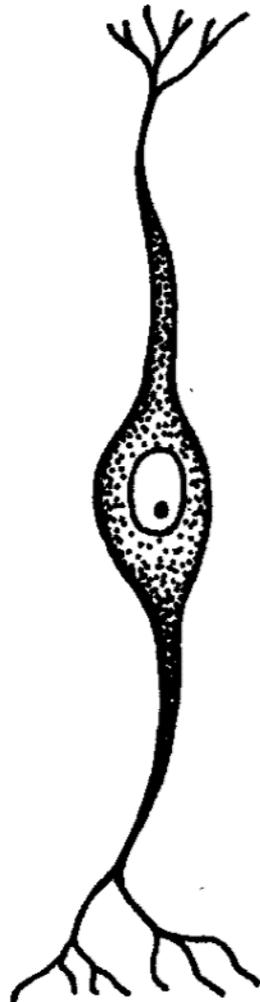
## **По морфологии (по количеству отростков) выделяют:**

- мультиполярные нейроны (г) — с множеством отростков (их большинство у человека),
- униполярные нейроны (а) — с одним аксоном,
- биполярные нейроны (б) — с одним аксоном и одним дендритом (сетчатка глаза, спиральный ганглий).
- ложно- (псевдо-) униполярные нейроны (в) — дендрит и аксон отходят от нейрона в виде одного отростка, а затем разделяются (в спинномозговом ганглии). Это вариант биполярных нейронов.

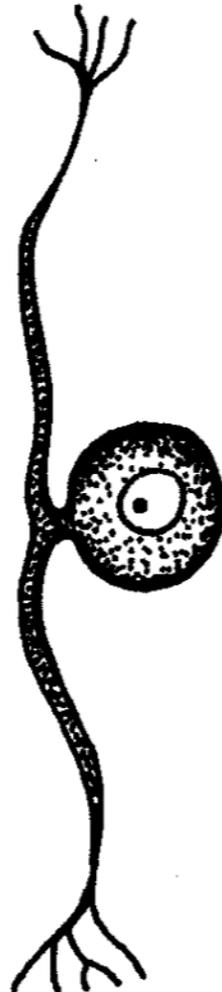
# Виды нейронов



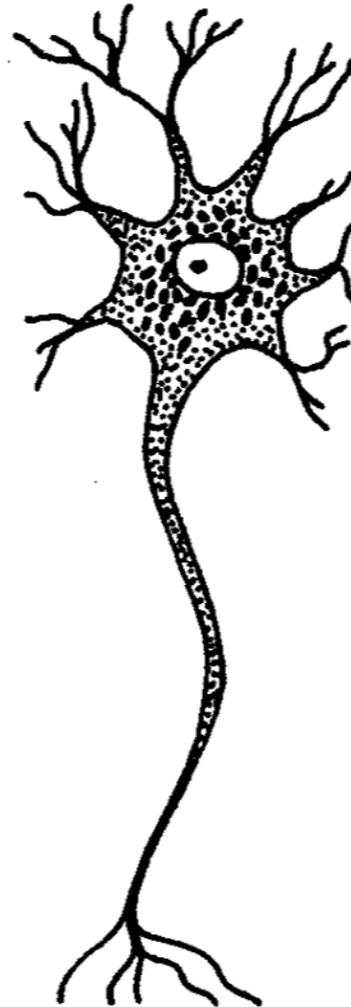
*a*



*б*

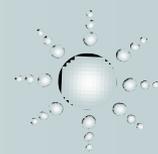


*в*



*г*

# Классификация нейронов



**Аксоны, покрытые оболочкой называются нервными волокнами.**

**Различают:**

- 1. непрерывные - покрыты непрерывной оболочкой, находятся в составе вегетативной нервной системы;**
- 2. мякотные - покрыты сложной, прерывной оболочкой, импульсы могут переходить с одного волокна на другие ткани. Это явление называется иррадиацией.**

# Классификация нейронов по функции:



**воспринимающие** (*афферентные*, чувствительные, сенсорные, рецепторные). Служат для восприятия сигналов из внешней и внутренней среды и передачи их в ЦНС; воспринимают информацию и передают ее в нервные центры. Типичными чувствительными являются ложноуниполярные и биполярные нейроны спинномозговых и черепно-мозговых узлов.

**контактные** (*ассоциативные* промежуточные, вставочные, интернейроны). Обеспечивают переработку, хранение и передачу информации к двигательным нейронам. Их в ЦНС большинство;

**двигательные** (*эфферентные*). - Генерируют нервный импульс и передают возбуждение другим нейронам или клеткам других видов тканей: мышечным, секреторным клеткам.



**Нейроглия** – это клетки, окружающие нейроны и входящие вместе с ними в состав ЦНС и ПНС. Количество глиальных клеток на порядок выше количества нервных клеток.

**Функции нейроглии:**

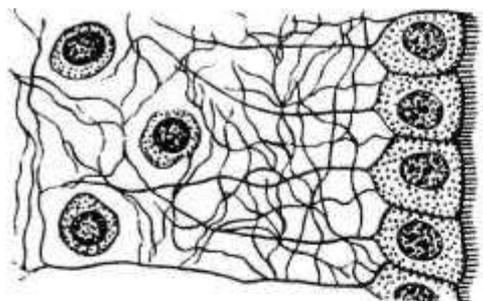
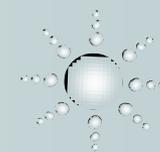
опорная – поддерживает нервные клетки

изолирующая – препятствует переходу нервных импульсов с тела одного нейрона на тело другого

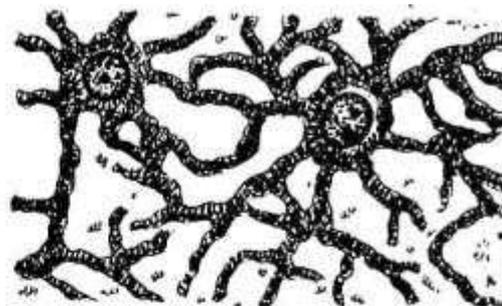
регуляторная – участвует в регуляции работы ЦНС, в частности, обеспечивая передачу импульсов в нужном направлении

трофическая – участвует в обменных процессах нейронов

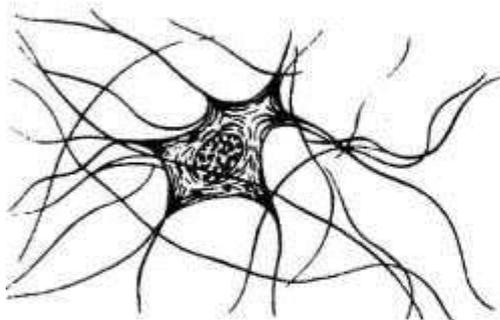
регуляторная – регулирует возбудимость нервных клеток.



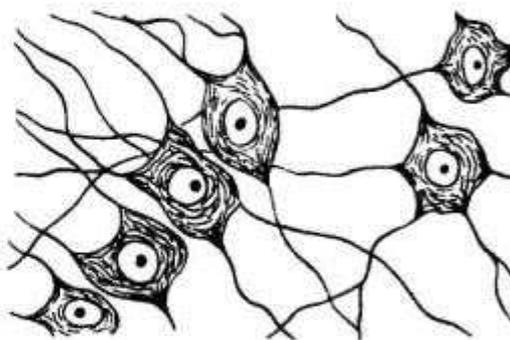
1



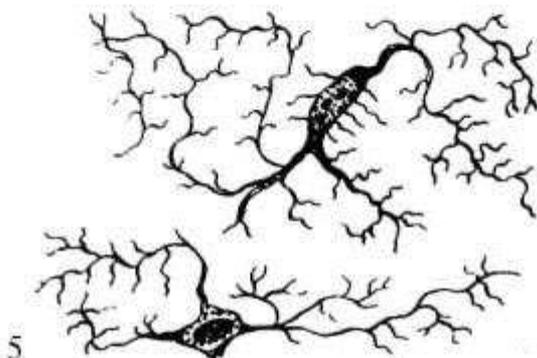
2



3



4



5

Глиоциты  
различных видов  
(по Т. Н. Радостиной и  
Л. С. Румянцевой):

1 - эпендимоциты;  
2 – протоплазматические астроциты;  
3 - волокнистые астроциты;  
4 – олигодендроциты;  
5 - микроглия

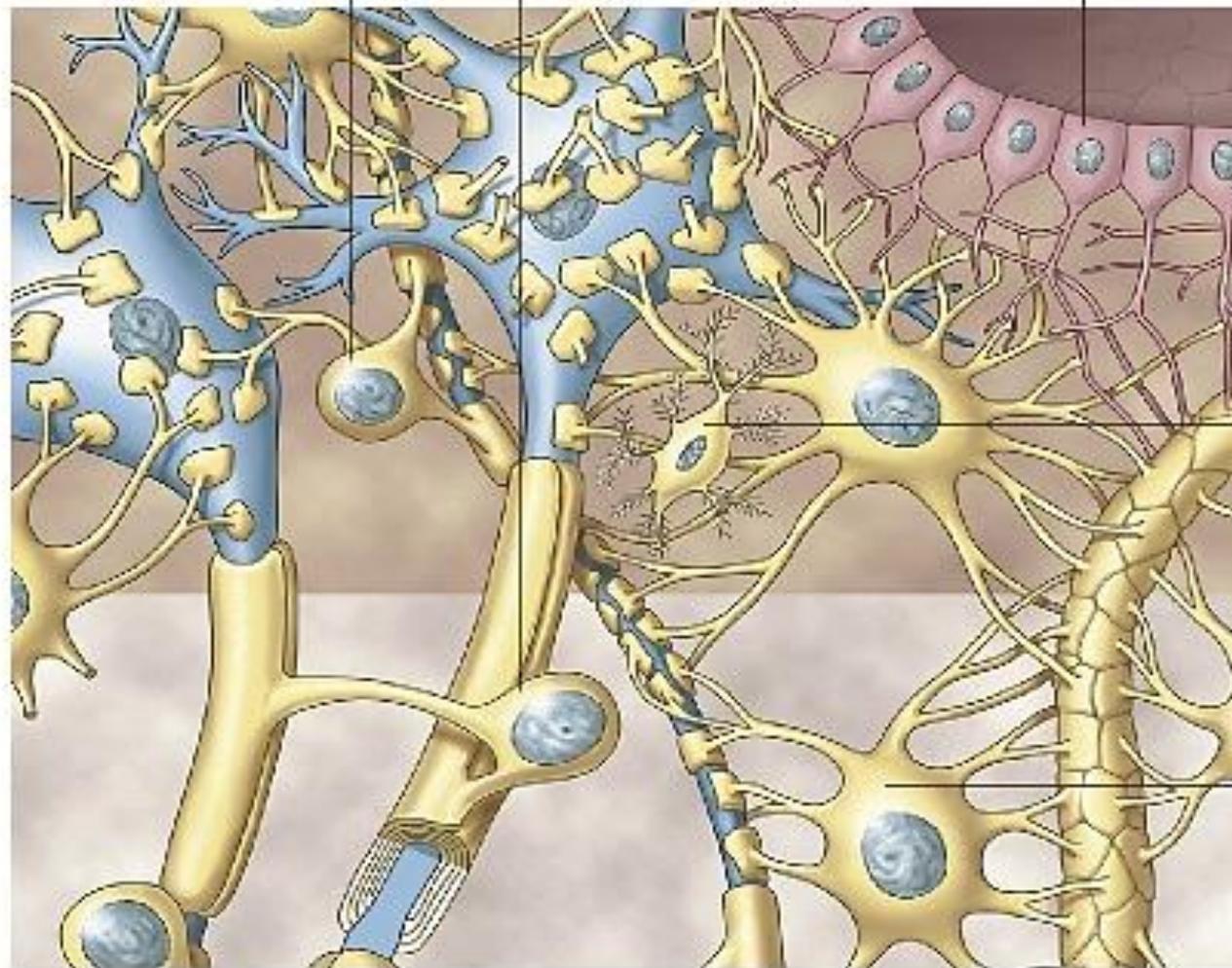
## Клетки нейроглии

### **Олигодендроциты**

(оказывают поддержку телам нейронов и их отросткам, обеспечивая обмен веществ в нервной ткани)

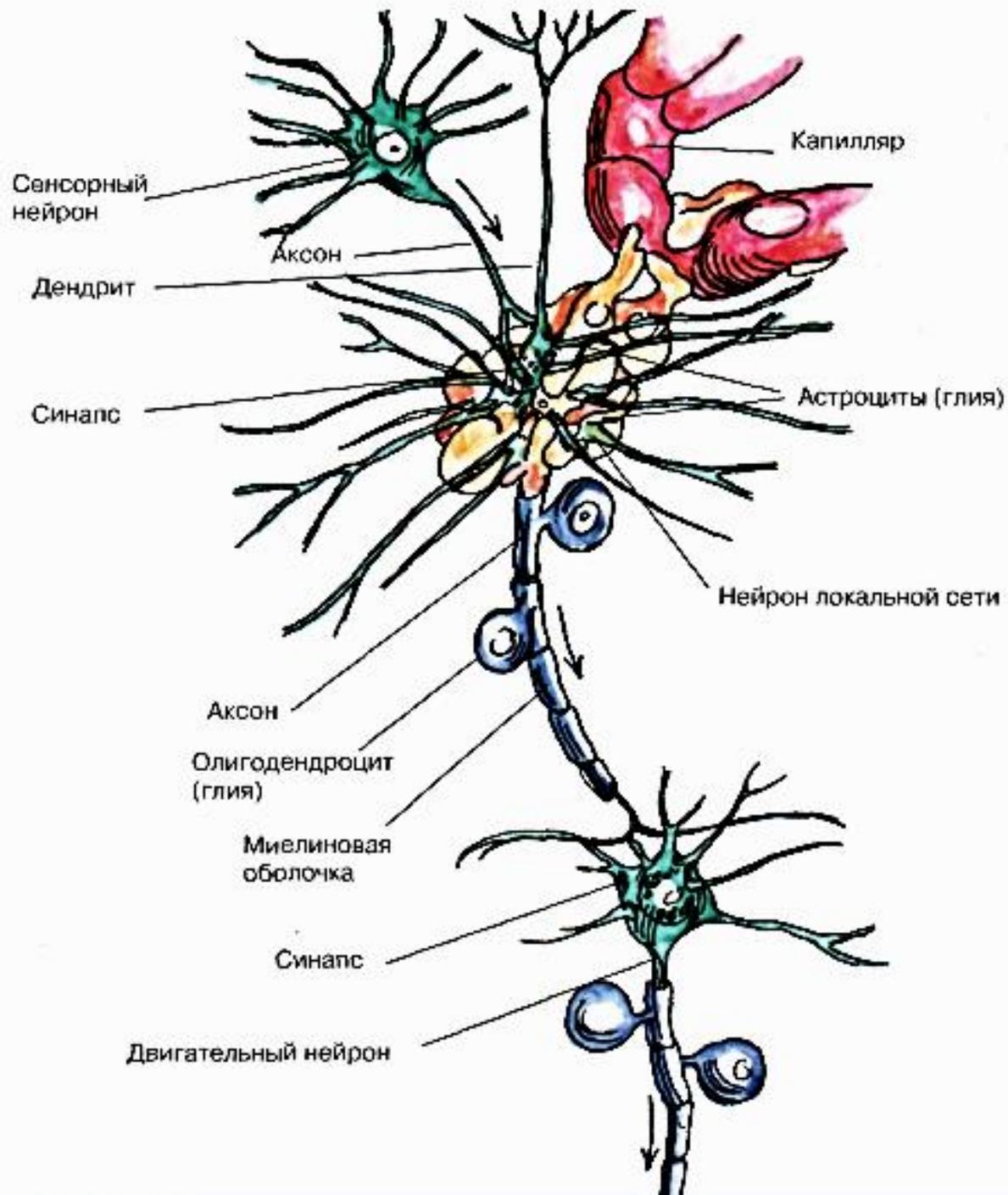
### **Эпендимоциты**

(регулируют обмен веществ между кровью и нервной тканью, выстилают полости центральной нервной системы)

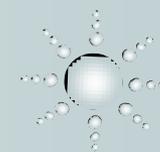


**Клетки микроглии**  
(выполняют защитную функцию)

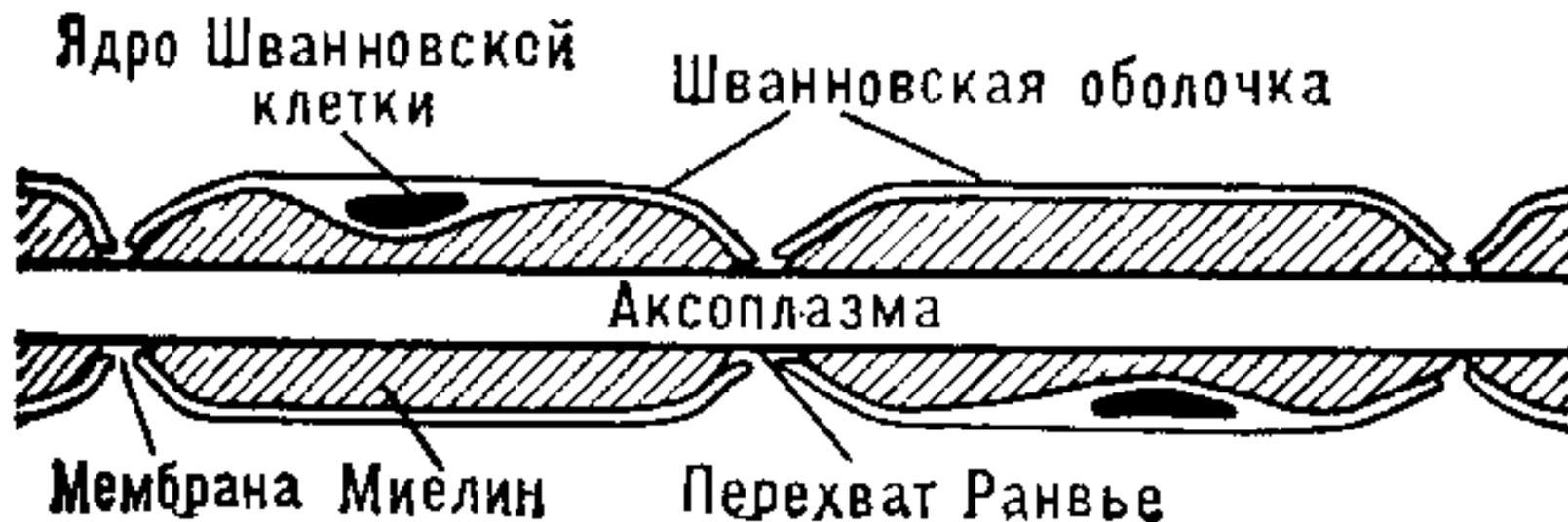
**Астроциты**  
(выполняют опорную и разграничительную функцию)



# Нервное волокно



**Нервное волокно** состоит из отростка нейрона – осевого цилиндра (дендрита или аксона) и оболочки олигодендроцита или его разновидностей.



# Классификация нервных волокон



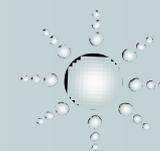
**Миелиновые (мякотные) волокна** в периферической нервной системе имеют в своём составе один отросток нейрона, окружённый удлинённой дупликатурой леммоцита (мезаксон). В миелиновом волокне мезаксон многократно оборачивается вокруг осевого цилиндра, формируя многократные витки мембраны – миелин. Зоны разрыхления миелина (проникновения цитоплазмы леммоцита) называются насечками (Шмидта-Лантермана). Каждый леммоцит образует сегмент волокна, участки границ соседних клеток немиелинизированы и называются перехватами Ранвье. Распространение деполяризации в миелиновом волокне осуществляется скачками от перехвата к перехвату.

# *Классификация нервных волокон*



**Безмиелиновые (безмякотные)** волокна в периферической нервной системе состоят из одного или нескольких осевых цилиндров, погружённых в цитолемму окружающего их лейкоцита. Мезаксон (дубликатура мембраны) короткий.

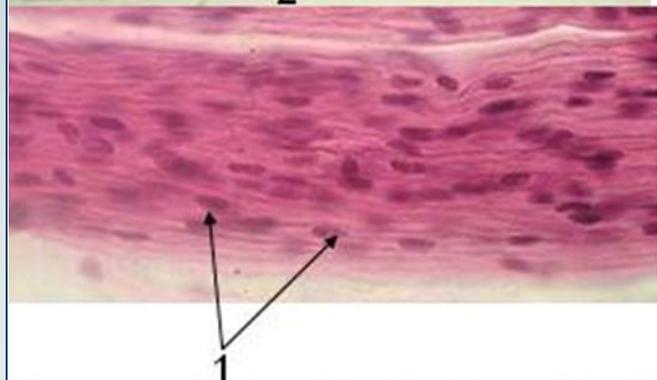
Передача возбуждения в безмиелиновых волокнах происходит по поверхности нерва через изменение поверхностного заряда.



## МИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

*Окраска оксидом осмия*

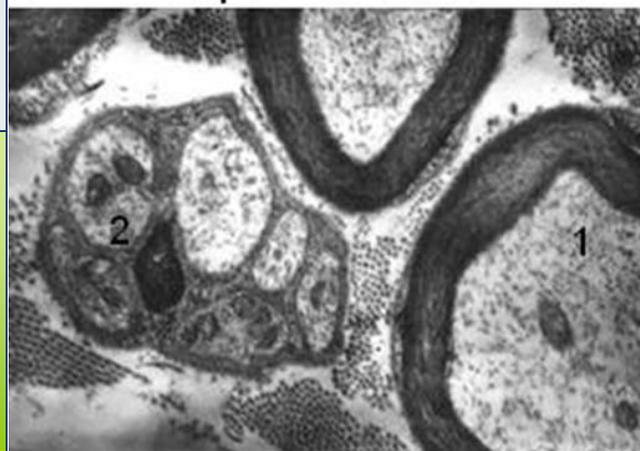
- 1 - узловые перехваты
- 2 - межузловой сегмент



## БЕЗМИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

*Окраска гематоксилин-эозином*

- 1 - ядра шванновских клеток



## МИЕЛИНОВЫЕ И БЕЗМИЕЛИНОВЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

*Электронномикроскопическая фотография*

- 1 - безмиелиновое нервное волокно
- 2 - миелиновое нервное волокно

## Схема развития миелинового волокна

(составлена Т.Н.Радостиной по схеме Робертсона)

А - поперечные срезы последовательных стадий развития (по Робертсону)

Б - трехмерное изображение сформированного волокна

1 - дубликация оболочек нейролеммоцита (мезаксон);

2 - аксон;

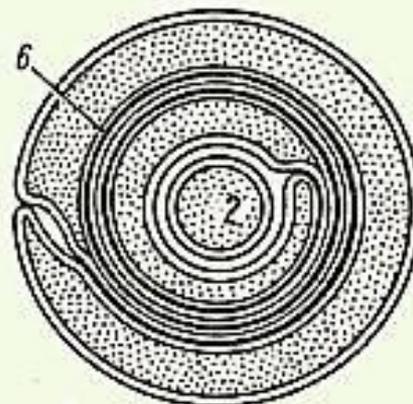
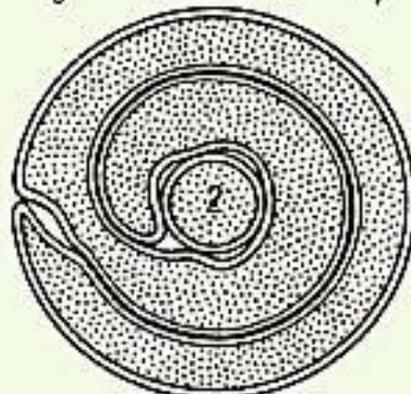
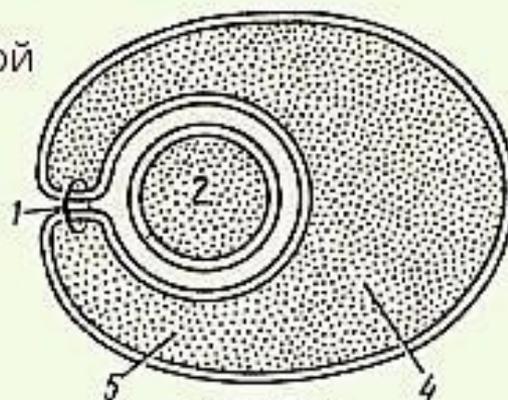
3 - насечки миелина;

4 - пальцевидные контакты нейролеммоцита в области перехвата;

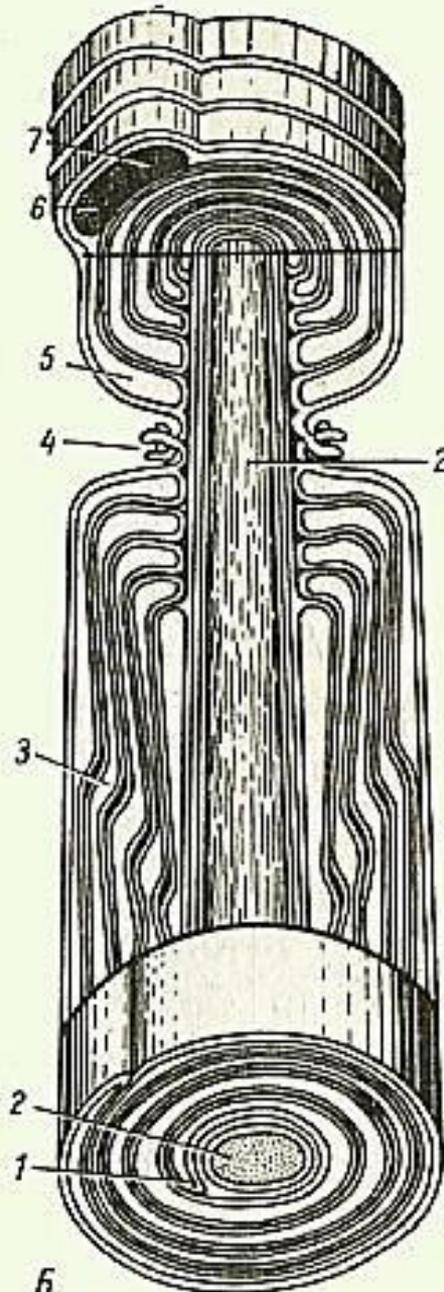
5 - цитоплазма нейролеммоцита;

6 - спирально закрученный мезаксон (миелин);

7 - ядрой нейролеммоцита

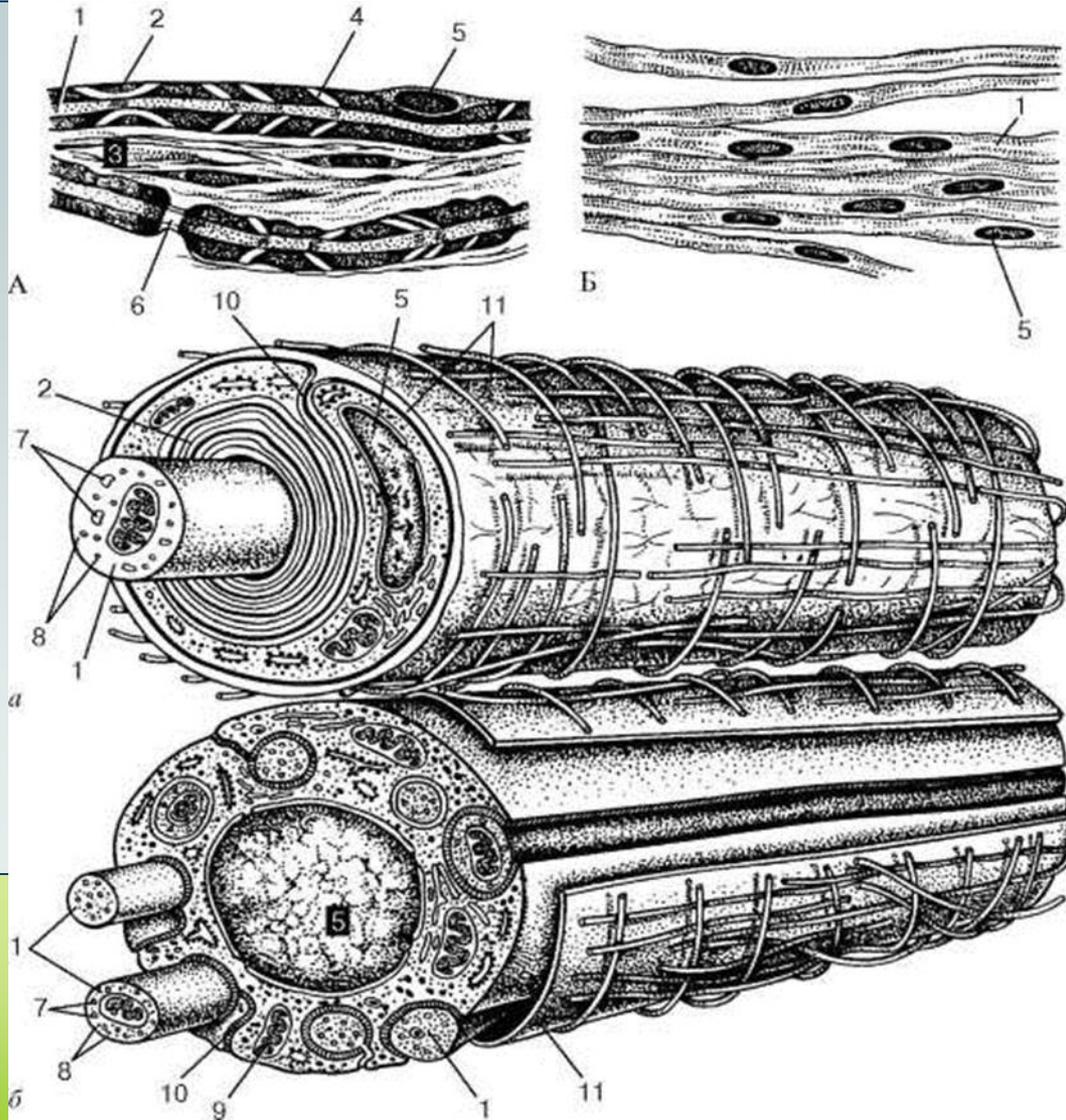


А



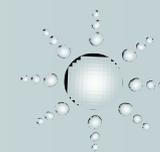
Б

**Строение нервных волокон на светооптическом (А, Б) и ультрамикроскопическом (а, б) уровнях (по Т. Н. Радостиной, Ю. И. Афанасьеву, Л. С. Румянцевой):**



А, а - миелиновое  
волокно; Б, б -  
безмиелиновое волокно.  
1 осевые цилиндры;  
2 миелиновый слой;  
3 - соединительная  
ткань; 4 насечка  
миелина; 5 ядро  
нейролеммоцита;  
6 узловой перехват;  
7 микротрубочки;  
8 нейрофиламенты;  
9 митохондрии;  
10 мезаксон;  
11 базальная мембрана

# Синапсы



**Синапсы – это специфические контакты нейронов, обеспечивающие передачу возбуждения от одной нервной клетки к другой. В зависимости от способов передачи возбуждения выделяют химические и электрические синапсы.**

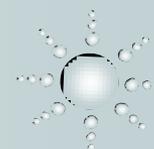
**Синапс состоит из трех основных компонентов:**

- пресинаптической мембраны
- постсинаптической мембраны
- синаптической щели

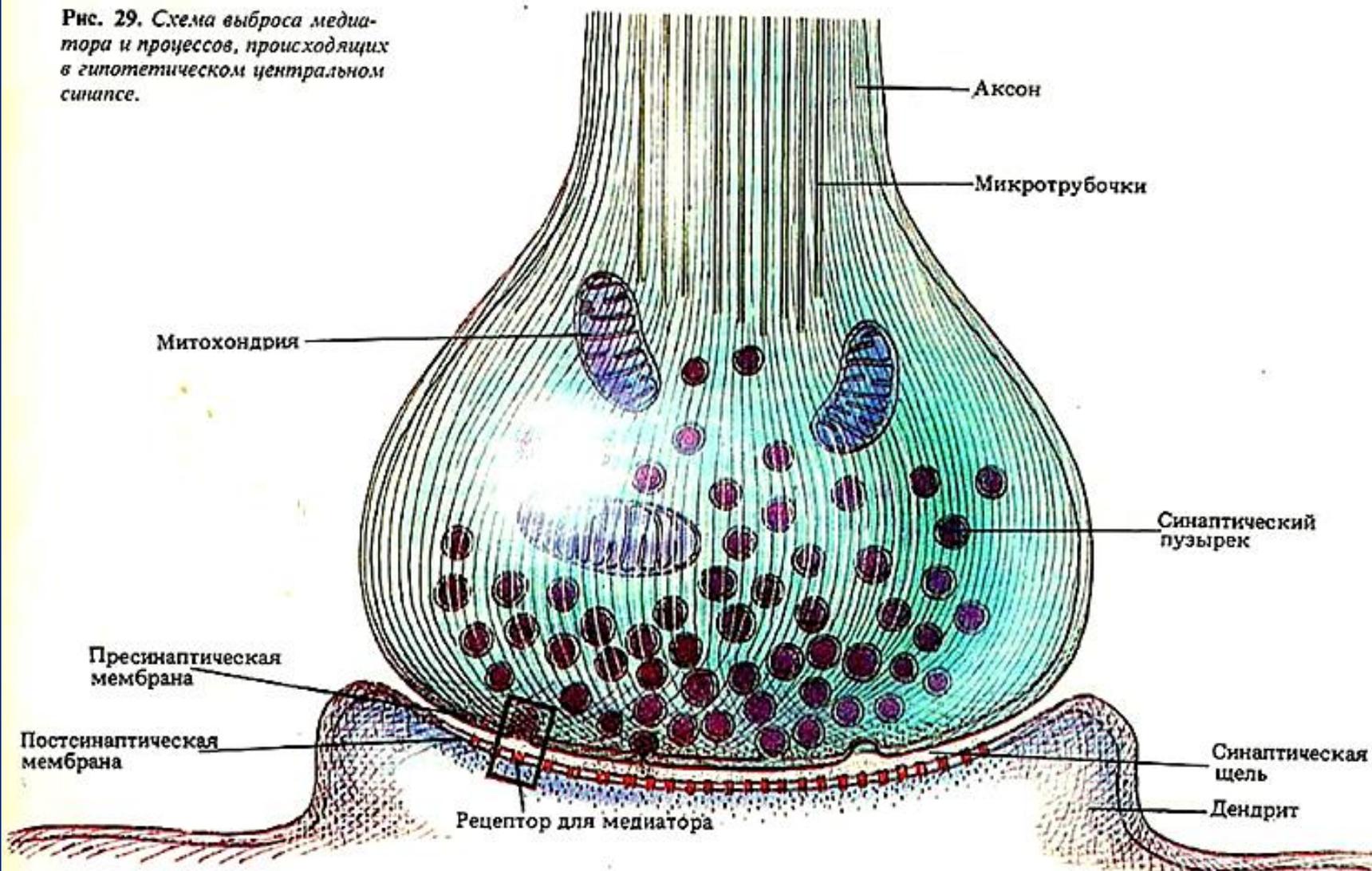
# Основные определения



1. **Пресинаптическая зона** – пресинаптическое расширение, наиболее часто представляющее собой терминаль аксона, в котором содержатся синаптические пузырьки, элементы цитоскелета (нейротубулы и нейрофиламенты), митохондрии;
2. **Синаптическая щель**, которая принимает медиаторы из пресинаптической зоны;
3. **Постсинаптическая зона** – это электронноплотное вещество с рецепторами к медиатору на мембране другого нейрона.
4. **Мембранный потенциал** - это разность электрических потенциалов (напряжение) между внутренней и наружной поверхностью мембраны.



**Рис. 29.** Схема выброса медиатора и процессов, происходящих в гипотетическом центральном синапсе.



# Виды синапсов



В зависимости от способа передачи выделяют химические, электрические и смешанные синапсы.

В электрических синапсах потенциал действия пресинаптических окончаний обеспечивает деполяризацию постсинаптической мембраны. Морфологическую основу электрической передачи составляет высокопроводящий ("низкоомный") щелевой контакт, для которого характерны тесное соприкосновение пре- и постсинаптической мембран (ширина синаптической щели 2-4 нм), большая площадь контакта этих мембран, наличие ультраструктур, снижающих электрическое сопротивление в области контакта.

**Для электрической синаптической передачи характерны:**

- отсутствие синаптической задержки;
- проведение сигнала в обоих направлениях;
- независимость передачи сигнала от потенциала пресинаптической мембраны;
- устойчивость к изменениям концентраций концентрации  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , низкой температуре, некоторым фармакологическим воздействиям.

Электрические синапсы находятся между нервными клетками, однотипными по структуре и функциям.



В химическом синапсе нервный импульс вызывает освобождение из пресинаптических окончаний химического посредника – нейромедиатора, который диффундирует через синаптическую щель (шириной в 10-50 нм) и вступает во взаимодействие с белками-рецепторами постсинаптической мембраны, в результате чего генерируется постсинаптический потенциал. Химические синапсы являются преобладающими у млекопитающих.

Для химической передачи характерны:

- одностороннее проведение сигнала;
- усиление сигнала;
- конвергенция многих сигналов на одной постсинаптической клетке;
- пластичность передачи сигналов (обучение, память).



МОСКОВСКАЯ  
МЕДИЦИНСКАЯ  
АКАДЕМИЯ  
ИМЕНА И. П. ПАВЛОВА

# Этапы синаптической передачи



1. Синтез медиатора. В цитоплазме нейронов и нервных окончаний синтезируются химические медиаторы – биологически активные вещества. Они синтезируются постоянно и депонируются в синаптических пузырьках нервных окончаний.
2. Секреция медиатора. Высвобождение медиатора из синаптических пузырьков имеет квантовый характер. В состоянии покоя оно незначительно, а под влиянием нервного импульса резко усиливается.
3. Взаимодействие медиатора с рецепторами постсинаптической мембраны. Это взаимодействие заключается в избирательном изменении проницаемости ионоселективных каналов эффекторной клетки в области активных центров связывания с медиатором. Взаимодействие медиатора со своими рецепторами может вызвать возбуждение или торможение нейрона, сокращение мышечной клетки, образование и выделение гормонов секреторными клетками.

# **Физиологические свойства нервных волокон:**



- 1) возбудимость – способность приходить в состояние возбуждения в ответ на раздражение;
- 2) проводимость – способность передавать нервные возбуждение в виде потенциала действия от места раздражения по всей длине;
- 3) рефрактерность (устойчивость) – свойство временно резко снижать возбудимость в процессе возбуждения. Нервная ткань имеет самый короткий рефрактерный период. Значение рефрактерности – предохранять ткань от перевозбуждения, осуществляет ответную реакцию на биологически значимый раздражитель;
- 4) лабильность – способность реагировать на раздражение с определенной скоростью. Лабильность характеризуется максимальным числом импульсов возбуждения за определенный период времени (1 с) в точном соответствии с ритмом наносимых раздражений.

# ***три закона проведения раздражения по нервному волокну***



- 1. Закон анатомо-физиологической целостности.**
- 2. Закон изолированного проведения возбуждения.**
- 3. Закон двустороннего проведения возбуждения.**

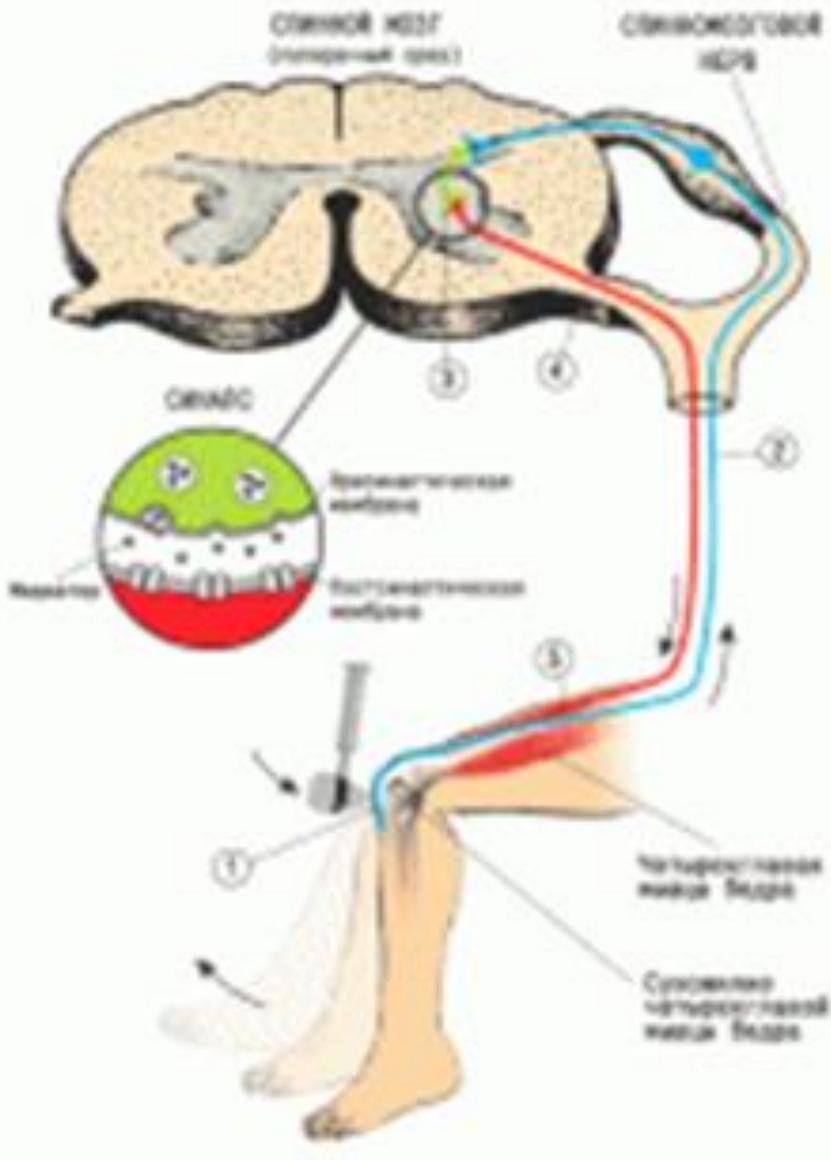
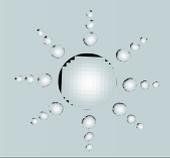
# Рефлексы



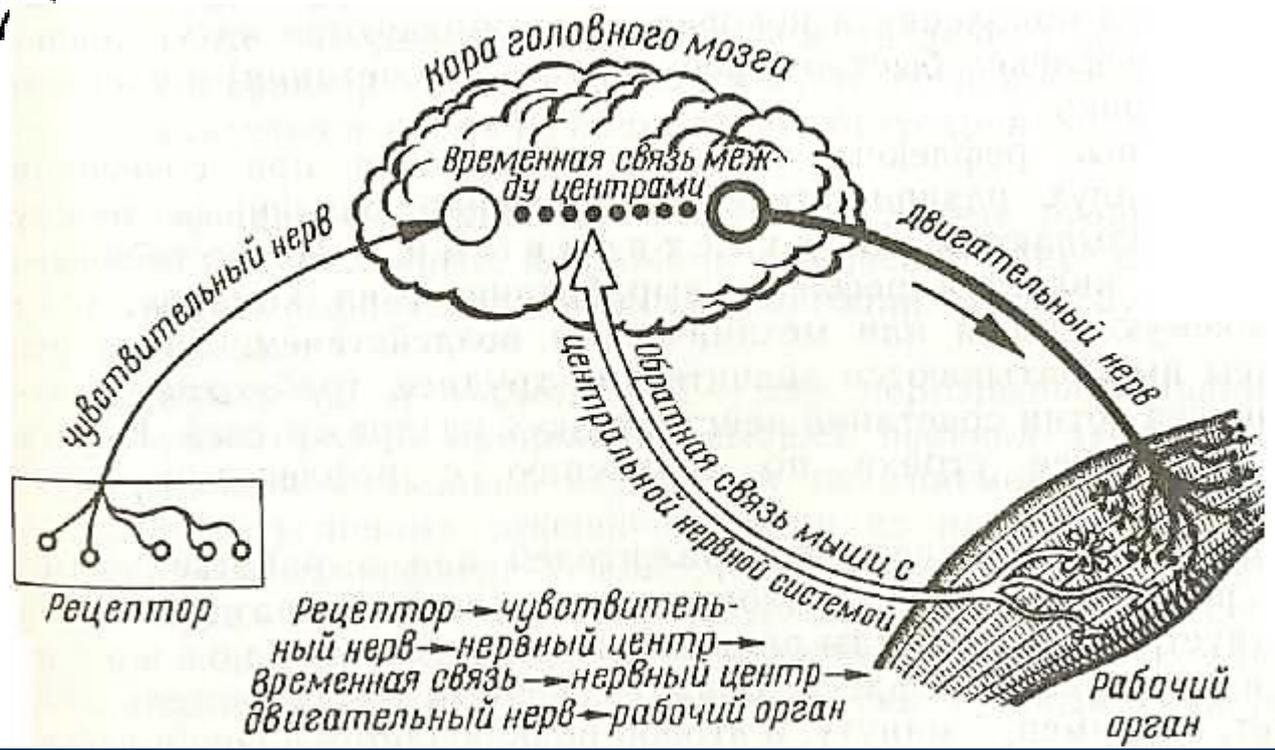
**Рефлекс** - это ответная реакция организма на раздражение рецепторов, осуществляемая с помощью возбуждения нервной системы и имеющая приспособительное значение.

**Рефлекторная дуга** - это схематический путь движения возбуждения от рецептора до эффектора.

# Рефлекторная дуга безусловного рефлекса



# Рефлекторная дуга безусловного и условного рефлекса



# Рефлекторная дуга безусловного и условного рефлекса



<b>Безусловный рефлекс</b>	<b>Условный рефлекс</b>
<b>Врожденная форма деятельности</b>	Приобретается после рождения
<b>Имеет фиксированную рефлекторную дугу</b>	Формируется на основе временной связи между центрами условного и безусловного раздражителя
<b>Может осуществляться с участием разных структур ЦНС</b>	Осуществляется с обязательным участием высшего отдела ЦНС (у человека – КБП)
<b>Отличается наличием специфического рецептивного поля и специфического раздражителя</b>	Не имеет специфического рецептивного поля и специфического раздражителя
<b>Отличается прочностью и постоянством</b>	Отличается непрочностью (может тормозиться и видоизменяться)

## Домашнее задание:

1. Чем грозит потеря миелинизации нервного волокна, причины, лечение?
2. Почему возбуждение не может пойти в обратном направлении по нервному волокну, описать механизм.
3. Как передается возбуждение - от нейрона на мышечное волокно?
4. Какова роль нейромедиатора дофамина в формировании условных рефлексов?
5. Составьте схему условного рефлекса: выделение слюны при виде лимона у человека

Ответы отправлять прикрепленным файлом в формате MS Word с указанием имени и фамилии в теме письма на адрес:

**[prachevaaa@gmail.com](mailto:prachevaaa@gmail.com)**