

НЕРВНАЯ ТКАНЬ

КЛЕТКИ НЕРВНОЙ ТКАНИ

НЕЙРОЦИТЫ

ГЛИОЦИТЫ

НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

БЕЗМИЕЛИНОВЫЕ

МИЕЛИНОВЫЕ

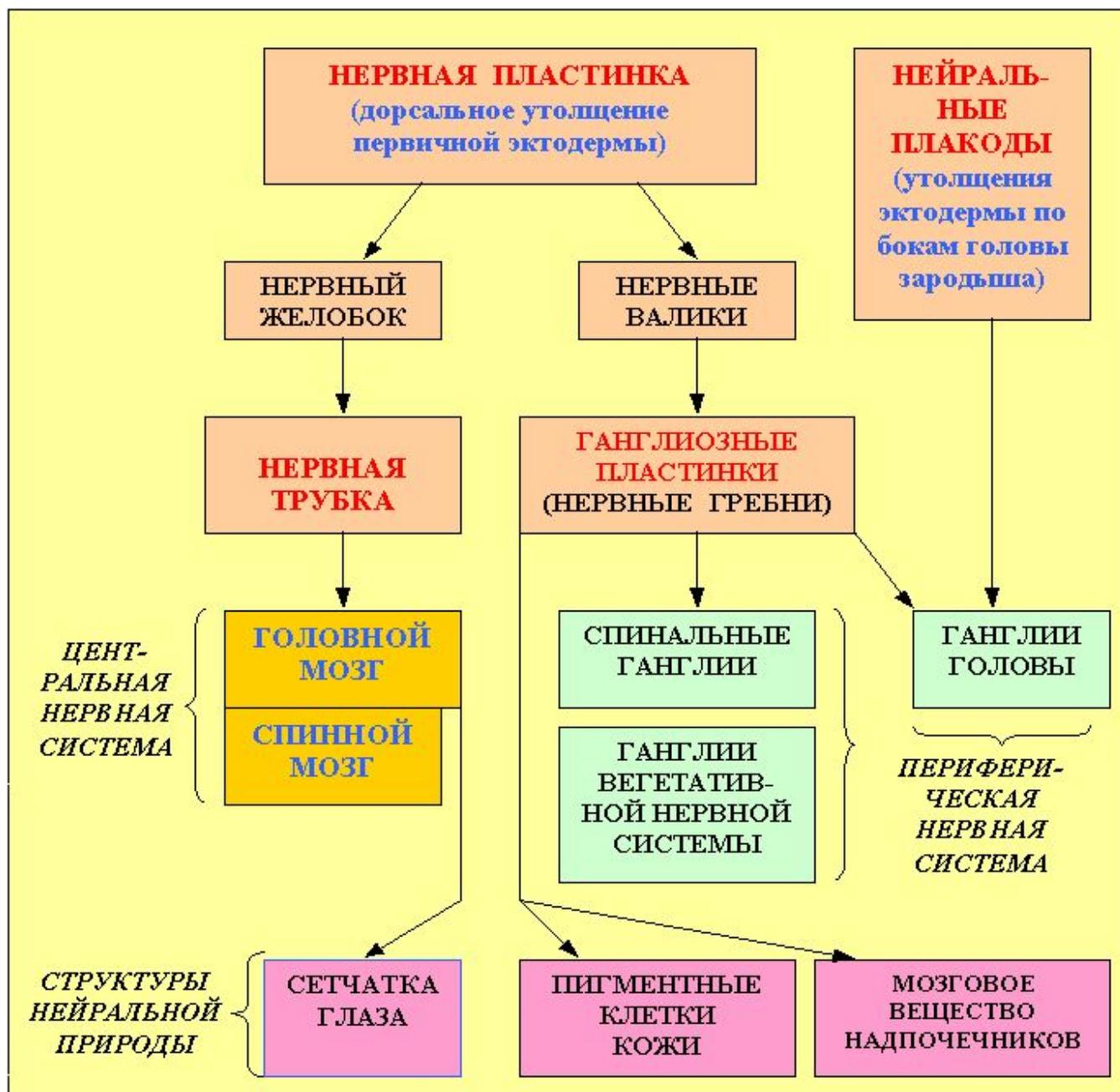
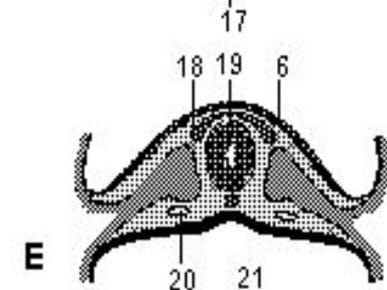
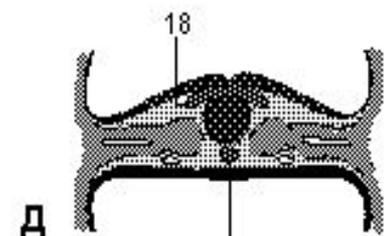
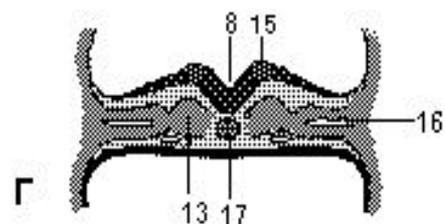
НЕРВНЫЕ ОКОНЧАНИЯ

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ

МЕЖНЕЙРОННЫЕ
СИНАПСЫ

ЭФФЕКТОРНЫЕ

Схема развития нервной ткани и её производных





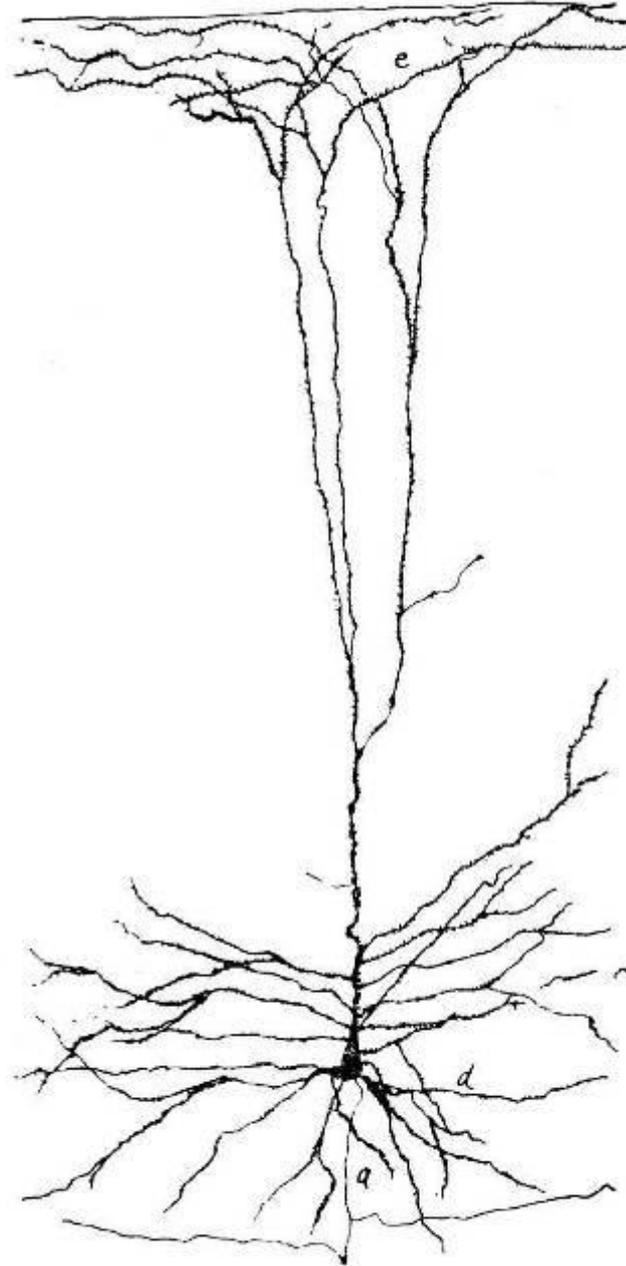
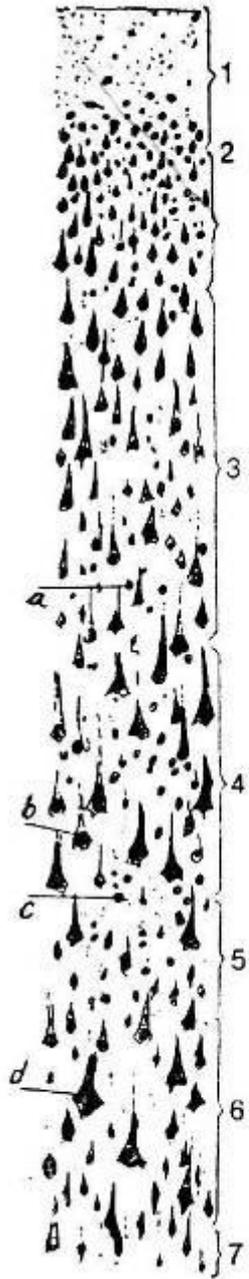
Камилло Гольджи (Camillo Golgi)
(1843 — 1926)

Итальянский врач и учёный,
лауреат Нобелевской премии по
физиологии и медицине в 1906
году «В знак признания трудов о
структуре нервной системы»

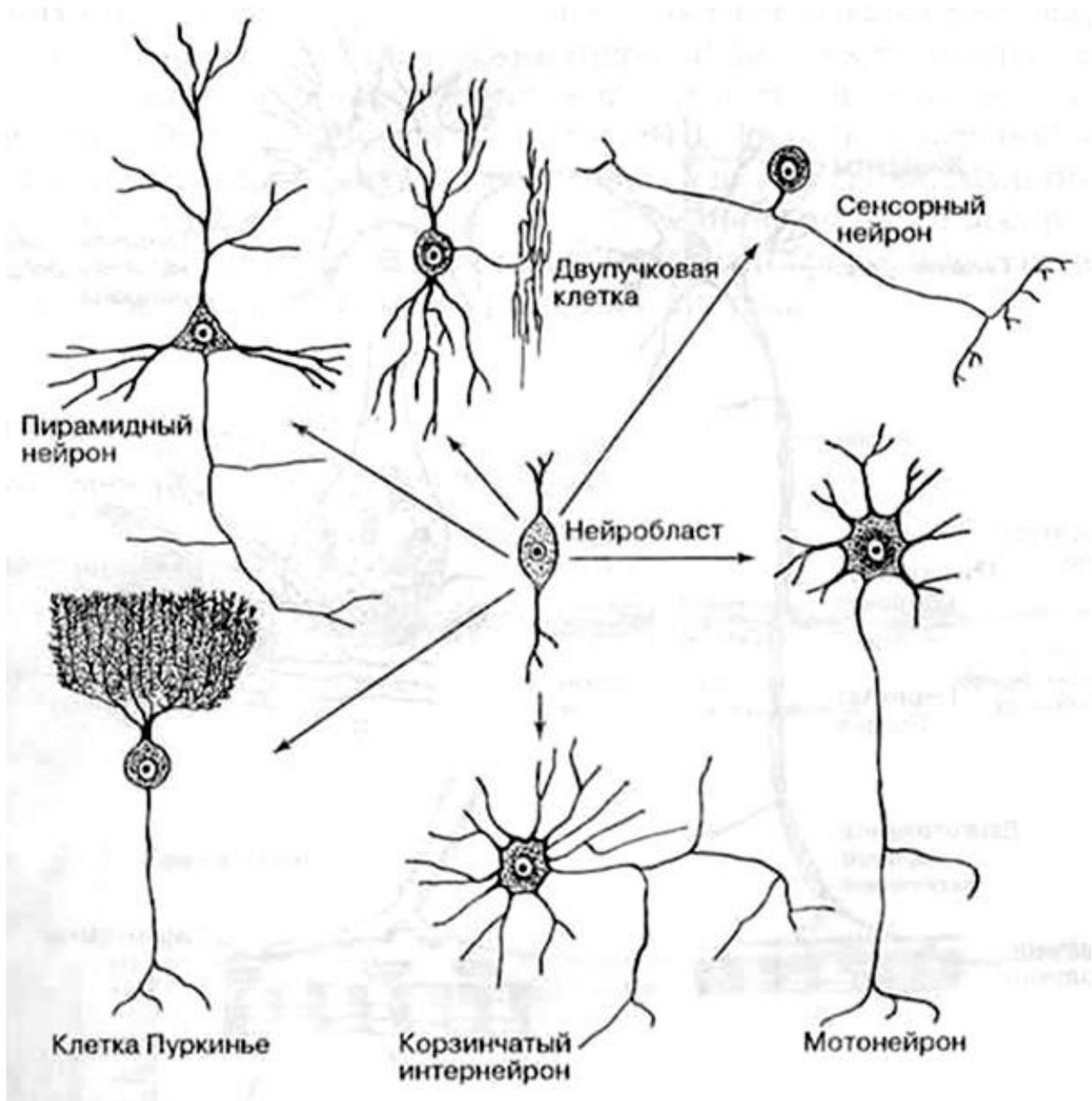


Сантьяго Рамон-и-Кахаль
(Santiago Ramón y Cajal)
(1852 — 1934)

Испанский врач и гистолог,
лауреат Нобелевской премии по
физиологии и медицине в 1906
году «В знак признания трудов
о структуре нервной системы»



Рисунки Рамон-и-Кахаля.
Слева — гистологическое
строение двигательной зоны
коры головного мозга человека.
Справа — клетка Беца из
двигательной зоны коры;
импрегнация по методу
Гольджи. (Cajal, 1911).



НЕЙРОЦИТЫ

ИСТОЧНИКИ РАЗВИТИЯ

НЕРВНАЯ ТРУБКА

НЕЙРОЦИТЫ ЦНС

ГАНГЛИОЗНАЯ ПЛАСТИНКА

НЕЙРОЦИТЫ ПНС

СТРУКТУРА

ТЕЛО

ЯДРО

ПЕРИКАРИОН

(ЦИТОПЛАЗМА В ТЕЛЕ)

ОТРОСТКИ

ДЕНДРИТЫ

АКСОН

КЛАССИФИКАЦИИ

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ

УНИПОЛЯРНЫЕ

БИПОЛЯРНЫЕ

ПСЕВДОУНИПОЛЯРНЫЕ

МУЛЬТИПОЛЯРНЫЕ

РЕЦЕПТОРНЫЕ

АССОЦИАТИВНЫЕ

ЭФФЕКТОРНЫЕ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ

АДРЕНЭРГИЧЕСКИЕ

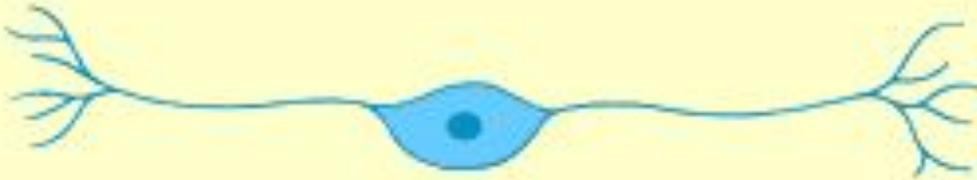
ХОЛИНЭРГИЧЕСКИЕ

ПЕПТИДЭРГИЧЕСКИЕ

ГАМК-ЭРГИЧЕСКИЕ

БИОХИМИЧЕСКАЯ

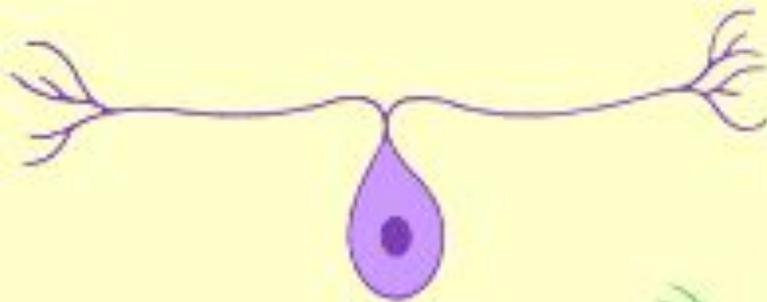
Типы нейронов



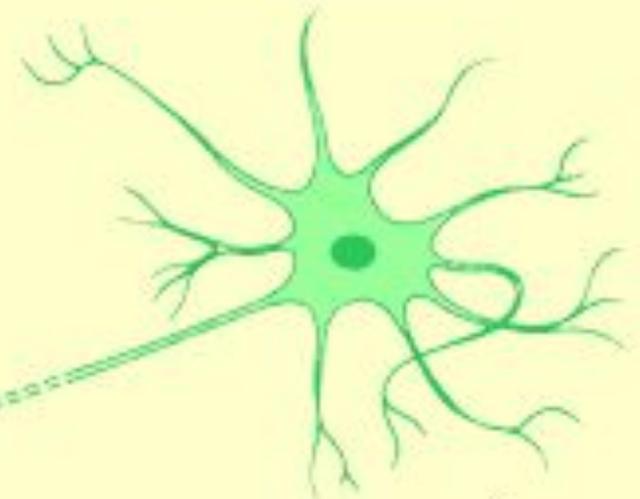
Биполярный



Униполярный



Псевдоуниполярный



Мультиполярный

Дендриты

Аксон (нейрит)

1. Проводят импульсы **к телу** нейрона.

1. Проводит импульсы **от тела** нейрона.

2. Дендритов может быть несколько.

2. **Аксон всегда один.**

3. У **чувствительных** нейронов дендрит обычно значительно длинней аксона.

3. У **ассоциативных** и **эффекторных** нейронов аксон обычно значительно длинней дендритов.

4. Короткие дендриты обычно **ветвятся**, недалеко от перикариона

4. Аксон может ветвиться лишь в своей конечной части.

5. В дендритах есть базофильная субстанция.

5. В аксоне нет базофильной субстанции.

Основные типы нейронов :

Униполярные. Встречаются только в эмбриональном периоде.

Псевдоуниполярные. Клетки, от тела которых отходит только один отросток. На самом деле при выходе из сомы этот отросток разделяется на два: аксон и дендрит. Расположены в сенсорных ганглиях: спинномозговых и ганглиях головы.

Биполярные нейроны — это клетки, которые имеют один аксон и один дендрит. Присутствуют в сетчатке глаза и спиральной ганглии внутреннего уха

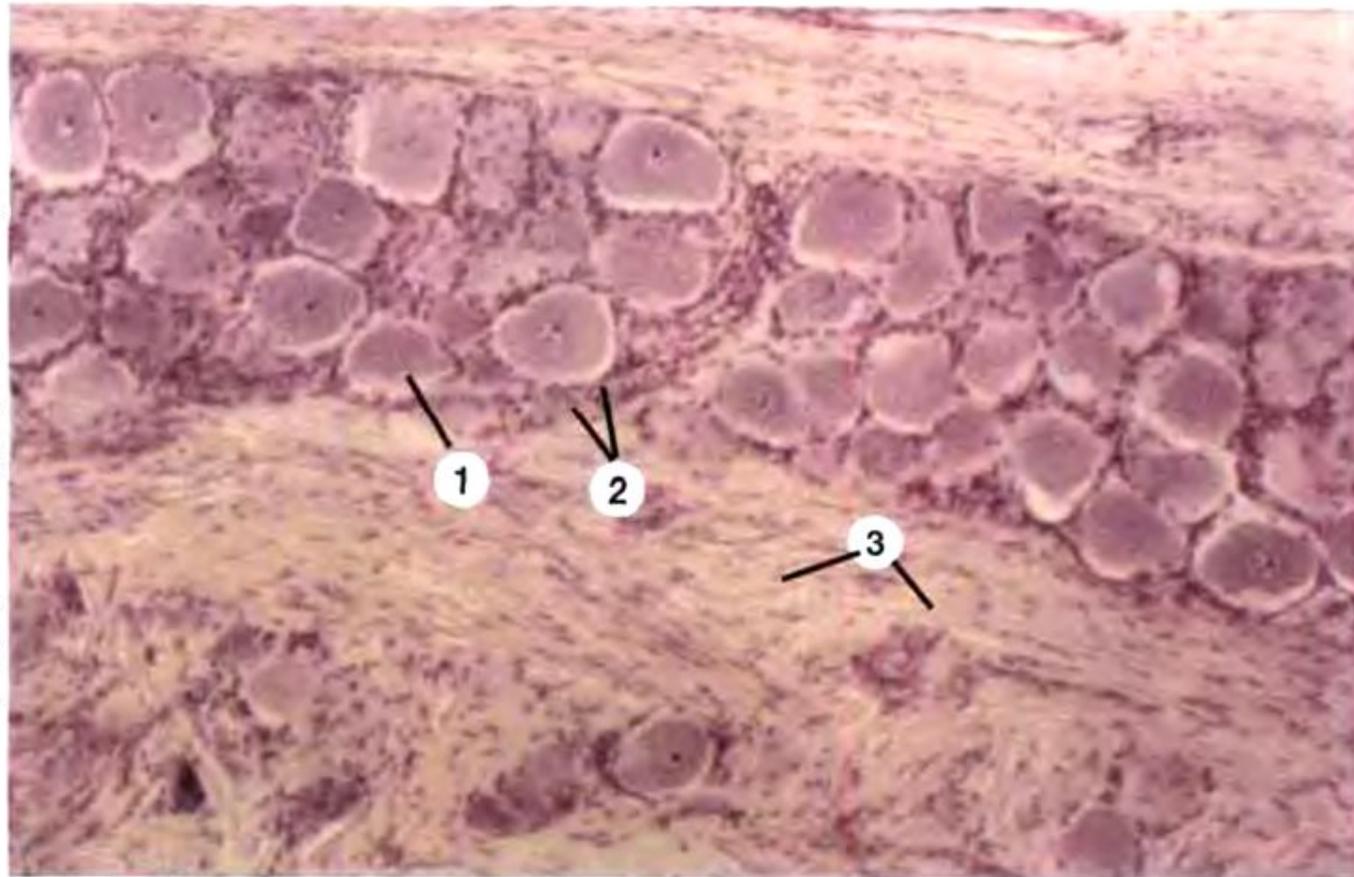
Мультиполярные нейроны имеют один аксон и множество дендритов. К такому типу нейронов принадлежит большинство нейронов ЦНС. Исходя из особенностей формы этих клеток их делят на веретенообразные, корзинчатые, звездчатые, пирамидные и др. Только в коре головного мозга насчитывается до 60 вариантов форм тел нейронов.

Псевдоуниполярные нейроны спинномозгового узла

1 — тело нейрона: крупное, округлой формы;

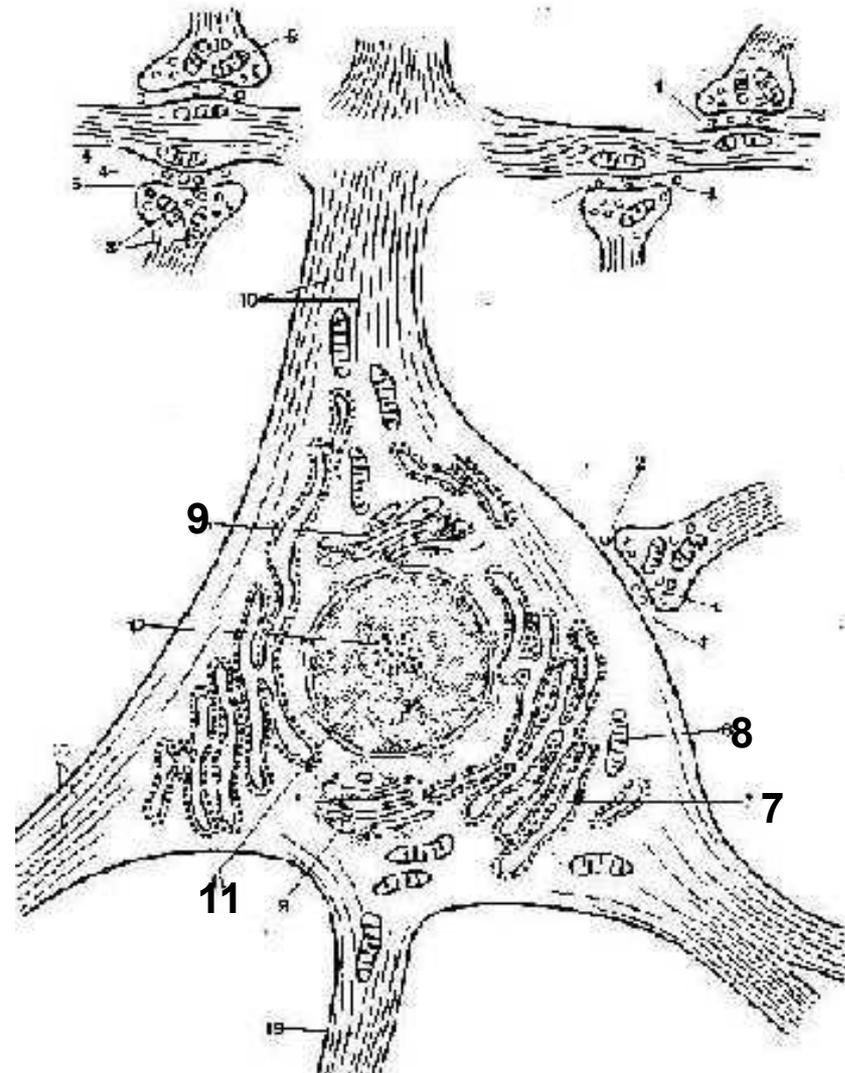
2 — глиальные клетки-сателлиты: тело каждого нейрона окружено большим числом этих мелких клеток;

3 — нервные волокна: образованы отростками нейронов и глиальными клетками — олигодендронами.



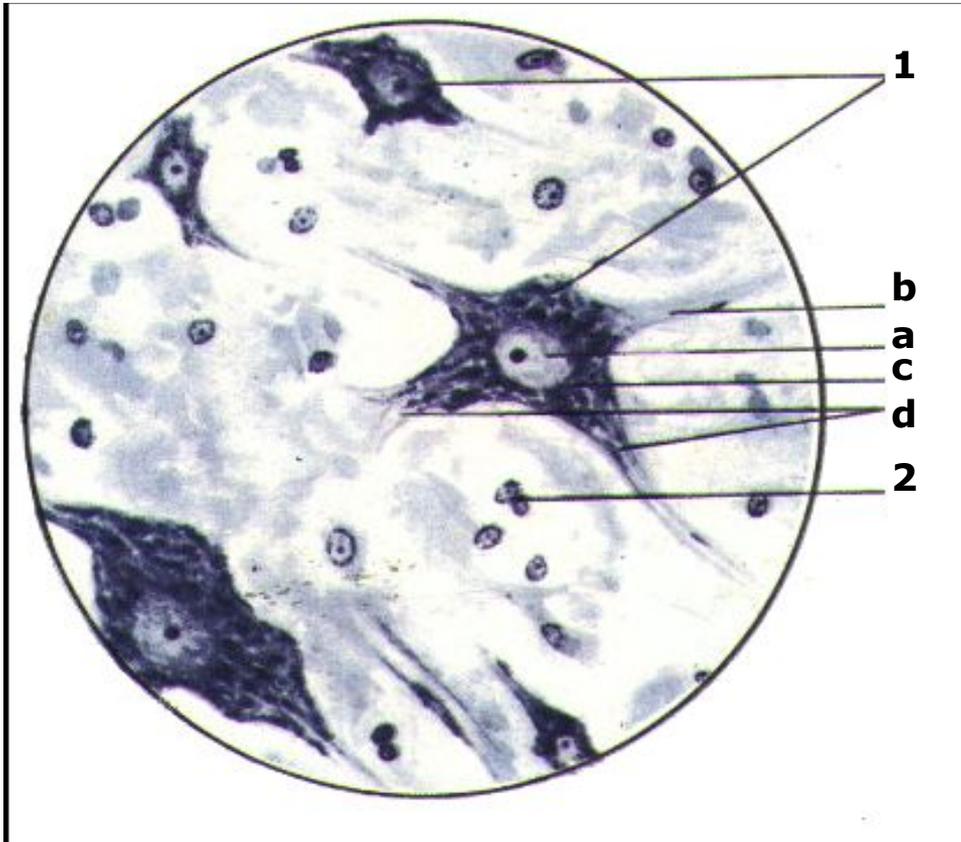
Ультрамикроскопическое строение нейрона. Схема.

- Нейроны содержат те же органеллы, что и прочие клетки:
- **ядро (11)**; причём, в ядре преобладает **эухроматин**;
- хорошо развитую **гранулярную ЭПС (7)**,
- **сетчатый аппарат Гольджи (9)**,
- **митохондрии (8)**,
- **ЛИЗОСОМЫ**



Тигроидная субстанция Ниссля

(окраска: толуидиновый синий)



**1 – мультиполярный
нейрон:**

a – ядро с ядрышком,

b – аксон,

c – дендрит,

**d – гранулы
тигроида,**

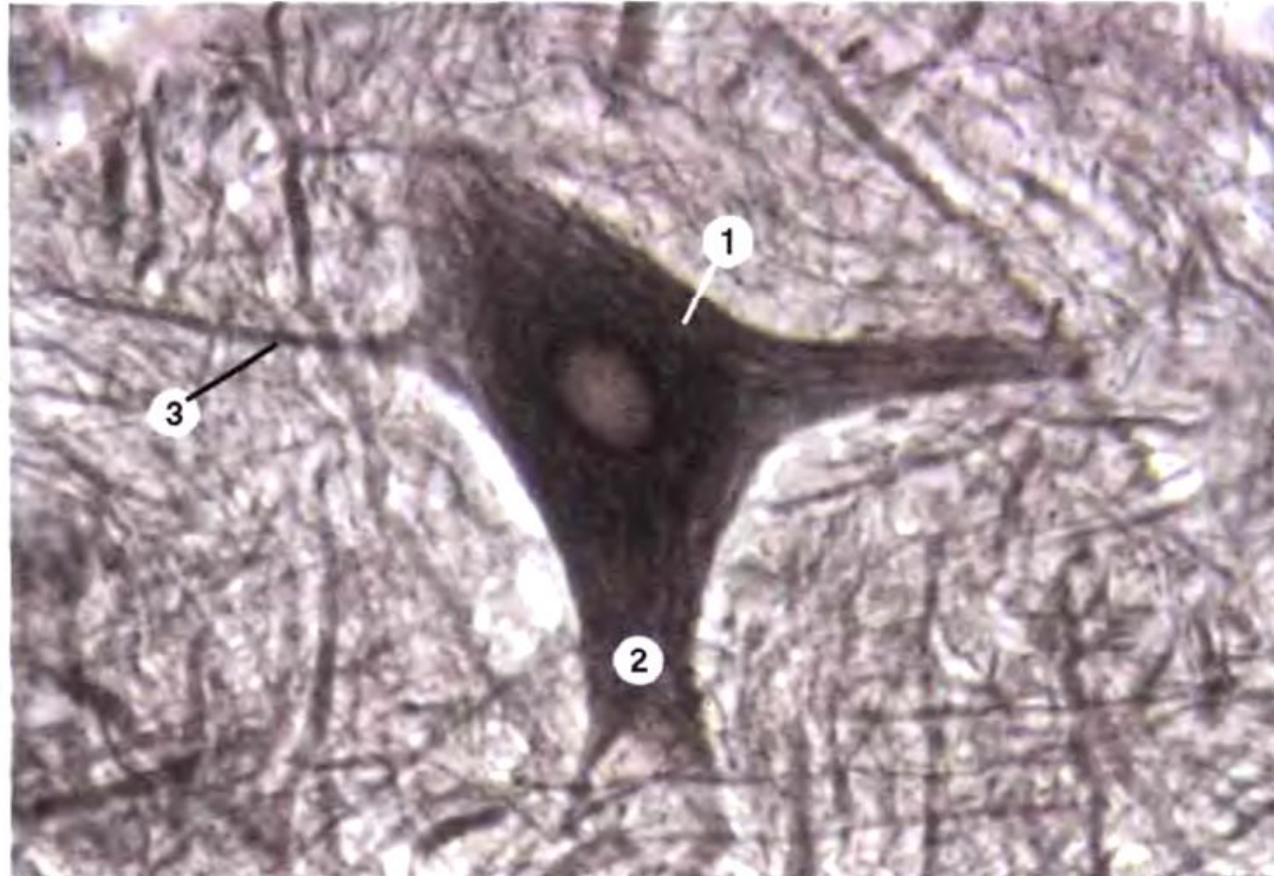
**2 – ядра глиальных
клеток**

Нейрофибриллы в нейронах СПИННОГО МОЗГА (импрегнация серебром)

- 1 — тело нейрона;
- 2 — дендрит;
- 3 — аксон.

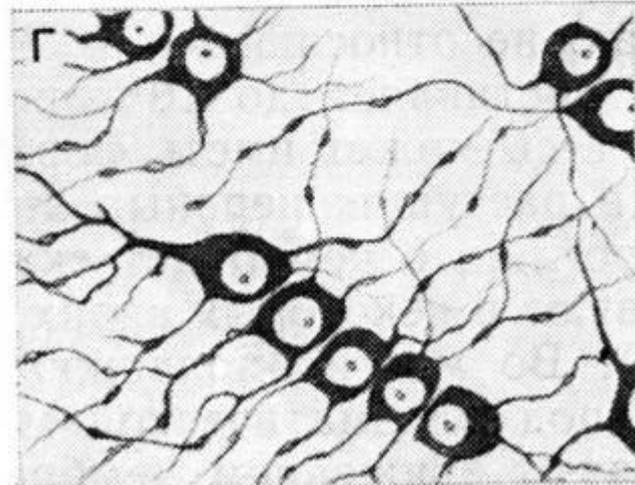
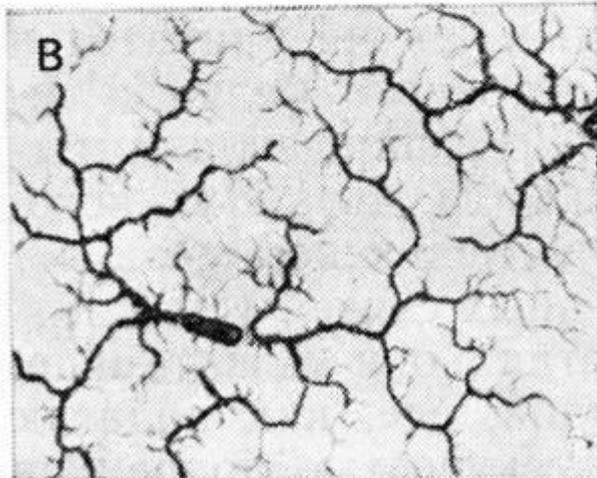
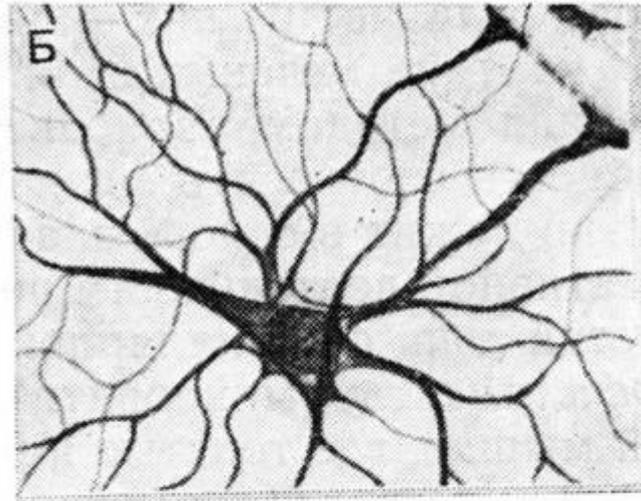
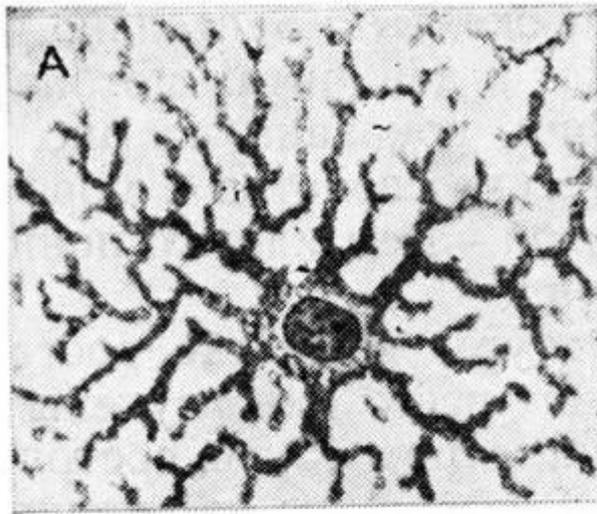
Нейрофибриллы в теле нейрона образуют плотную сеть, а в отростках идут вдоль их длинной оси.

Нейрофибриллы представлены микротрубочками и нейрофиламентами.



Токи нейроплазмы

- 1. **медленный ток (транспорт) по аксонам в прямом направлении** - со скоростью 1-3 мм/сутки (метаболиты, кислород, белки, нейроромоны);
- 2. **быстрый ток по аксонам в прямом направлении** - 100-1000 мм/сутки (компоненты медиаторов);
- 3. **ток по дендритам в прямом направлении** - 75 мм/сутки (ацетилхолинэстераза к постсинаптической мембране);
- 4. **ретроградный ток** по аксонам и дендритам (конечные продукты обмена)(вирусы герпеса, бешенства и др.).



Разные типы нейроглии.

А. Протоплазматические астроциты.

Б. Фиброзные астроциты. В. Микроглия. Г. Олигодендроциты.

Функции нейроглии

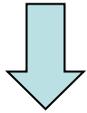
<p>Основные функции</p>	<p>Глиальные клетки обеспечивают деятельность нейронов, играя вспомогательную роль - опорную, трофическую, электроизоляционную, барьерную и защитную</p>
<p>Секреторная функция</p>	<p>Кроме того, некоторые глиоциты выполняют секреторную функцию, образуя жидкость (ликвор), которая заполняет спинномозговой канал и желудочки мозга</p>

Классификация нейроглии

<p>Глия ЦНС</p>	<p>Глия центральной нервной системы: макроглия - происходит из глиобластов; сюда относятся олигодендроциты, астроциты и эпендимная глия; микроглия - происходит из промоноцитов</p>
<p>Периферическая нейроглия</p>	<p>Глия периферической нервной системы (часто её рассматривают как разновидность олигодендроглии): мантийные глиоциты (клетки-сателлиты, или глиоциты ганглиев), нейролеммоциты (шванновские клетки).</p>

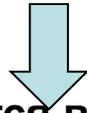
Три типа микроглии

Амёбодная
микроглия



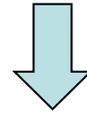
Встречаются в **развивающемся** мозге способны к амёбодным движениям, **фагоцитируют** – фрагменты разрушающихся клеток.

Ветвистая
(покоящаяся)
микроглия

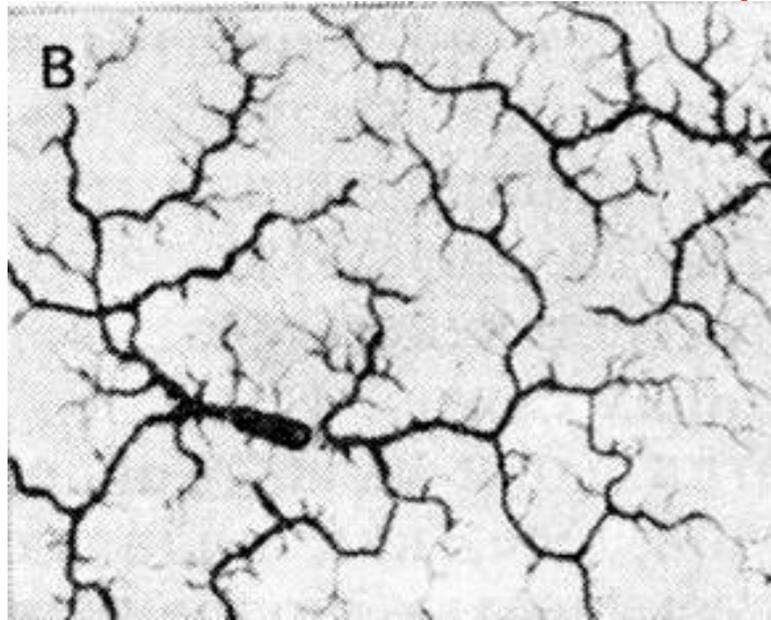


содержатся в **сформированном** мозгу, имеют ветвящиеся отростки и **не фагоцитируют**.

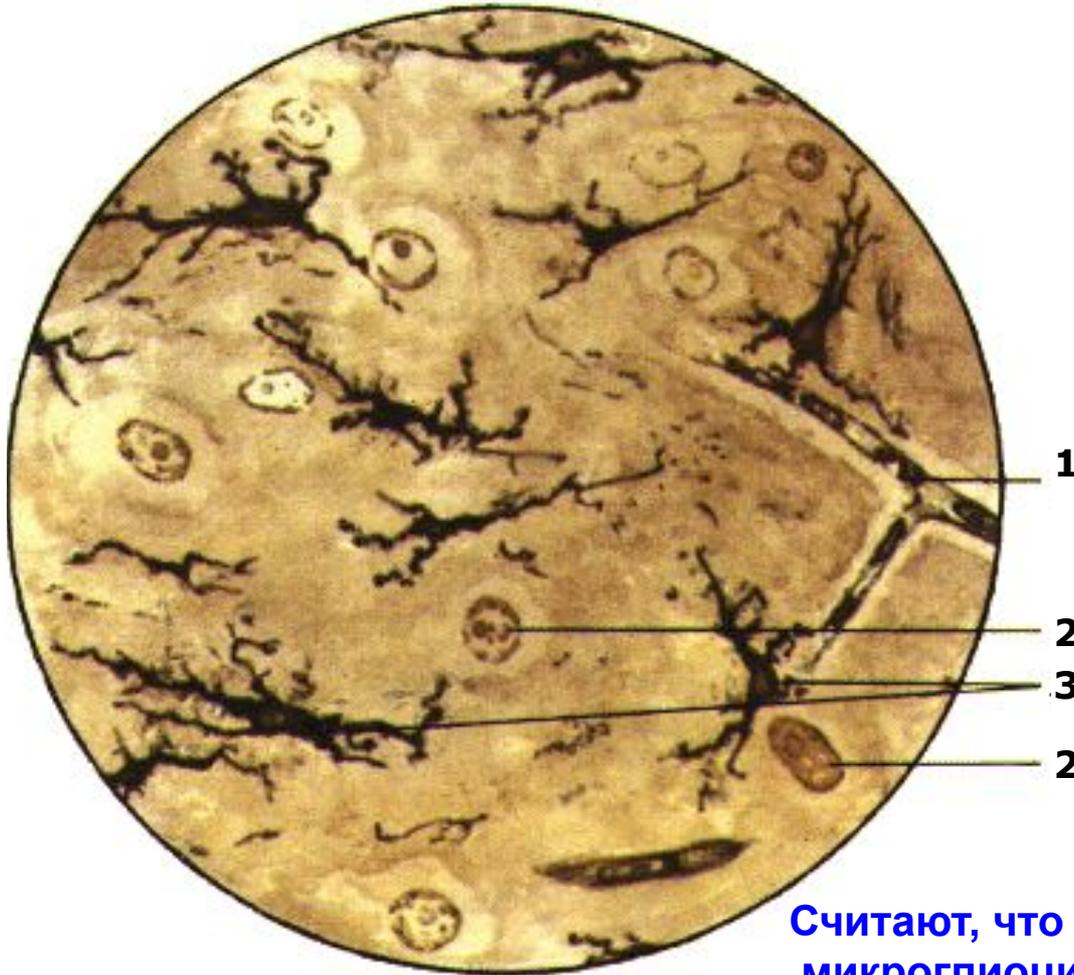
Реактивная
микроглия



образуется из покоящейся микроглии **после травмы** мозга и вновь отличается **высокой фагоцитарной активностью**.



Микроглия в сером веществе головного мозга



1 –капилляры,

**2 –ядра
нейронов,**

**3 – микро-
глиальные
клетки -**

**выполняют роль
глиальных
макрофагов.**

Считают, что у больных СПИДом микроглиоциты (благодаря своей высокой подвижности) разносят вирус по ЦНС.

Эпендимная глия

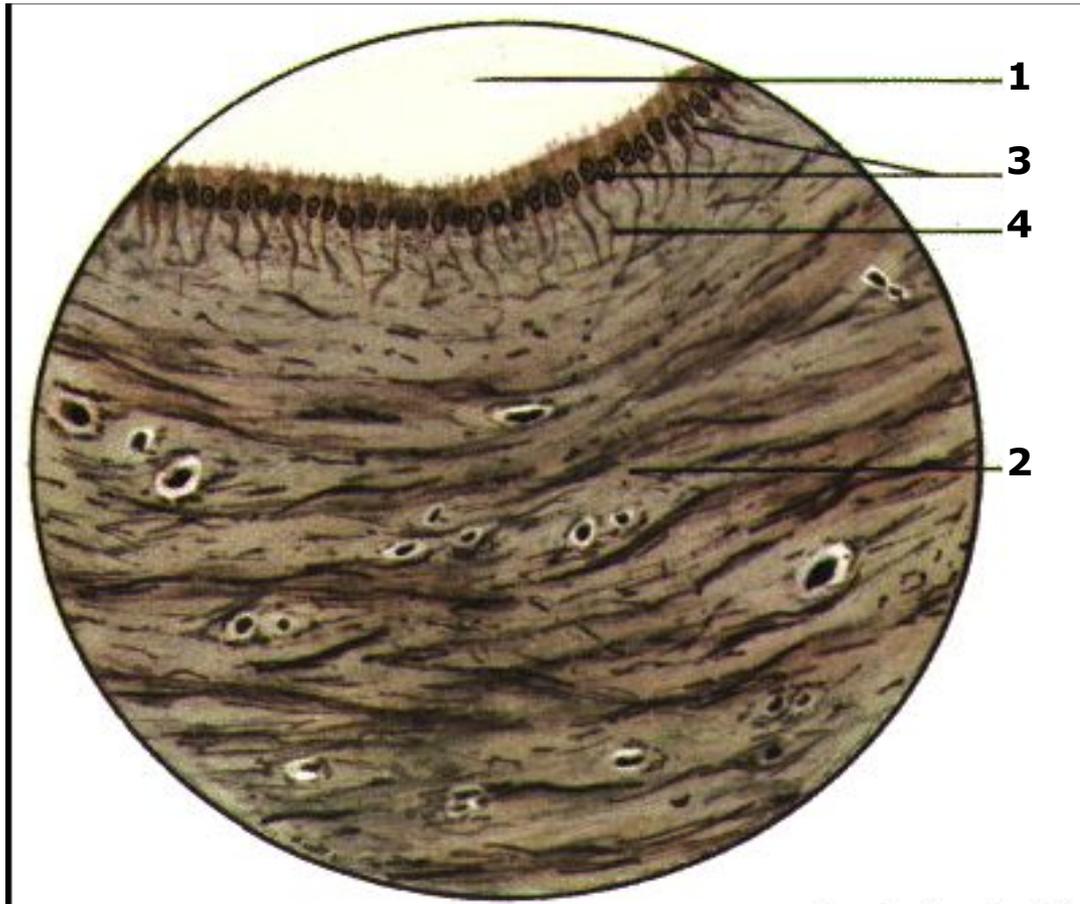
- **ЛОКАЛИЗАЦИЯ:**

- выстилает спинномозговой канал и желудочки мозга
- в отличие от других видов эпителия, не имеет базальной мембраны, кератиновых филаментов, нет десмосом, на апикальной поверхности микроворсинки и подвижные реснички (киноцилии)

- **ФУНКЦИИ:**

- Продукция и перемещение ликвора
- Барьерные свойства (гематоликворный барьер).
- Транспортная функция (отростки таницитов передают одни вещества из гипоталамуса в гипофиз и другие – в обратном направлении).

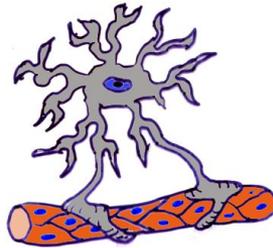
Эпендимальная нейроглия (центральная часть спинного мозга)



- 1 – центральный канал,**
2 – серое вещество спинного мозга,
3 – эпендимоциты,
отростки эпендимоцитов

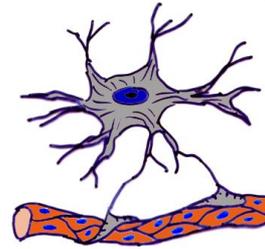
Астроглия

Протоплазматические астроциты



имеют толстые и короткие отростки, а находятся преимущественно в сером веществе мозга.

Волокнистые астроциты

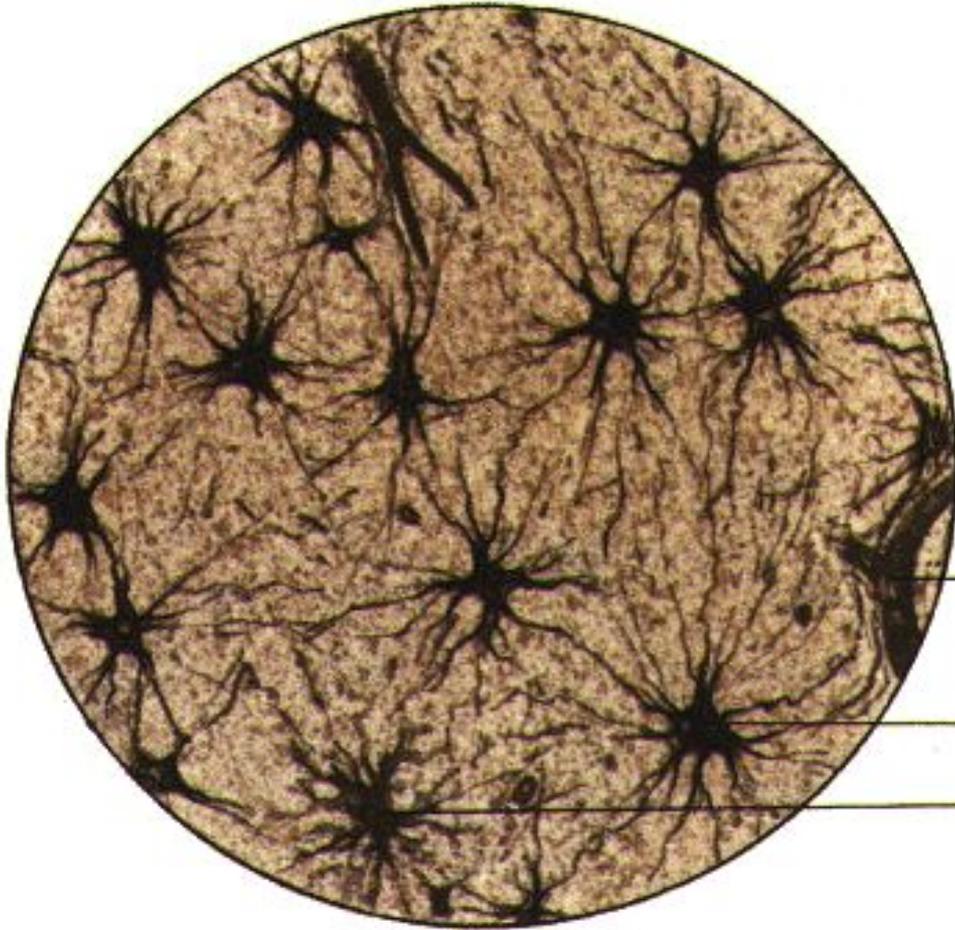


имеют тонкие, длинные, слабоветвящиеся отростки, находятся же, в основном, в белом веществе мозга (хотя встречаются и в сером веществе)

• **Функции:**

- Опорная и барьерная (гематоэнцефалический барьер)
- Транспортная и трофическая (системы транспорта в-в в нейроны и из них)
- Регуляторная (выделяют факторы роста нейроцитов – в период развития мозга и при регенерации нервной ткани)
- Обменная (участвуют в обмене медиаторов)

Астроцитарная нейроглия в сером веществе головного мозга



1 – кровеносный капилляр,

а – волокнистый астроцит,

б – прото-плазматический астроцит (отростки короче и толще)

Олигодендроглия и периферическая нейроглия

- **Клетки-сателлиты:**
- **оказывают тела нейронов (в сером веществе ЦНС и в нервных ганглиях);**
- **в нервных ганглиях имеют ещё одно название - мантийные глиоциты**
- **Глиоциты нервных волокон:**
- **оказывают отростки нейронов (в белом веществе ЦНС и в периферических нервах), образуя нервные волокна;**
- **в периферической нервной системе имеют ещё два названия леммоциты, или Шванновские клетки .**

ФУНКЦИИ: трофическая, барьерная и электроизоляционная.

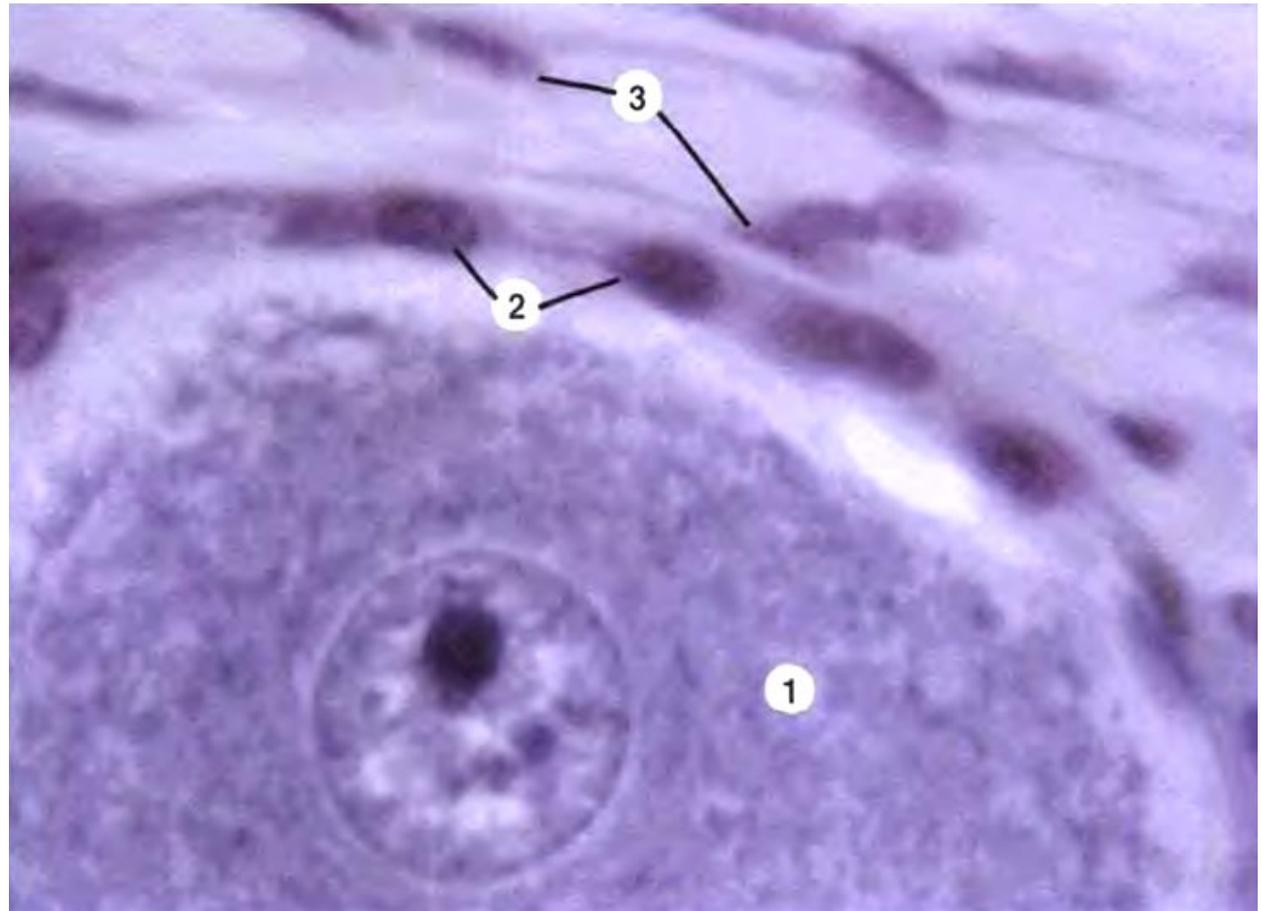
Олигодендроглия: клетки-сателлиты в спинномозговом узле

1 — часть тела псевдоуниполярного нейрона (вместе с ядром);

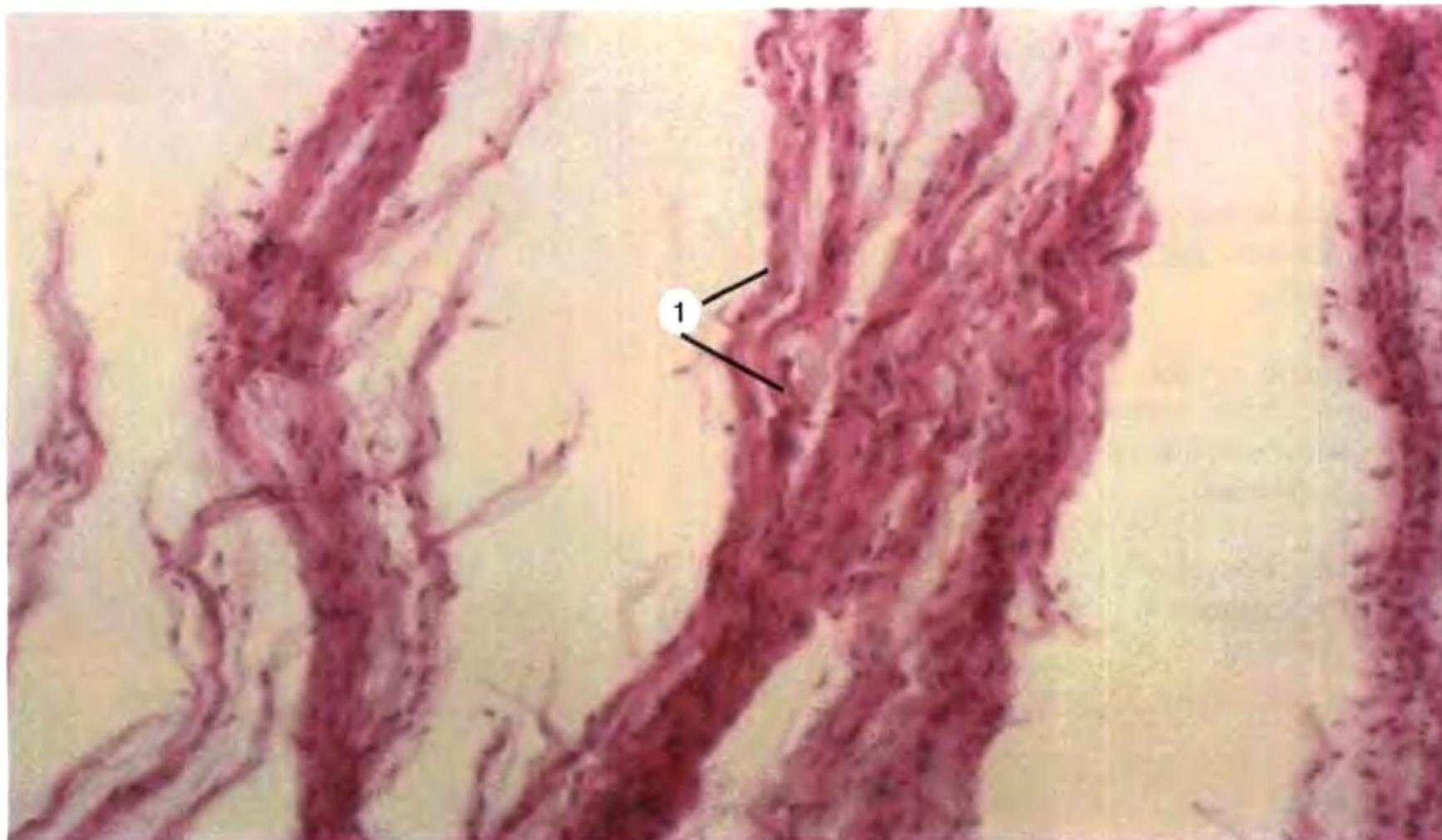
2 — клетки-сателлиты: они окружают тело нейрона и имеют овальные ядра.

Их отростки (не заметные на снимке) способствуют более тесному контакту с нейроном.

3 — клетки соединительнотканной капсулы, имеющейся вокруг каждого нейрона спинномозгового узла.



Безмиелиновые нервные волокна (расщипанный препарат)



Строение безмиелинового нервного волокна (схема)

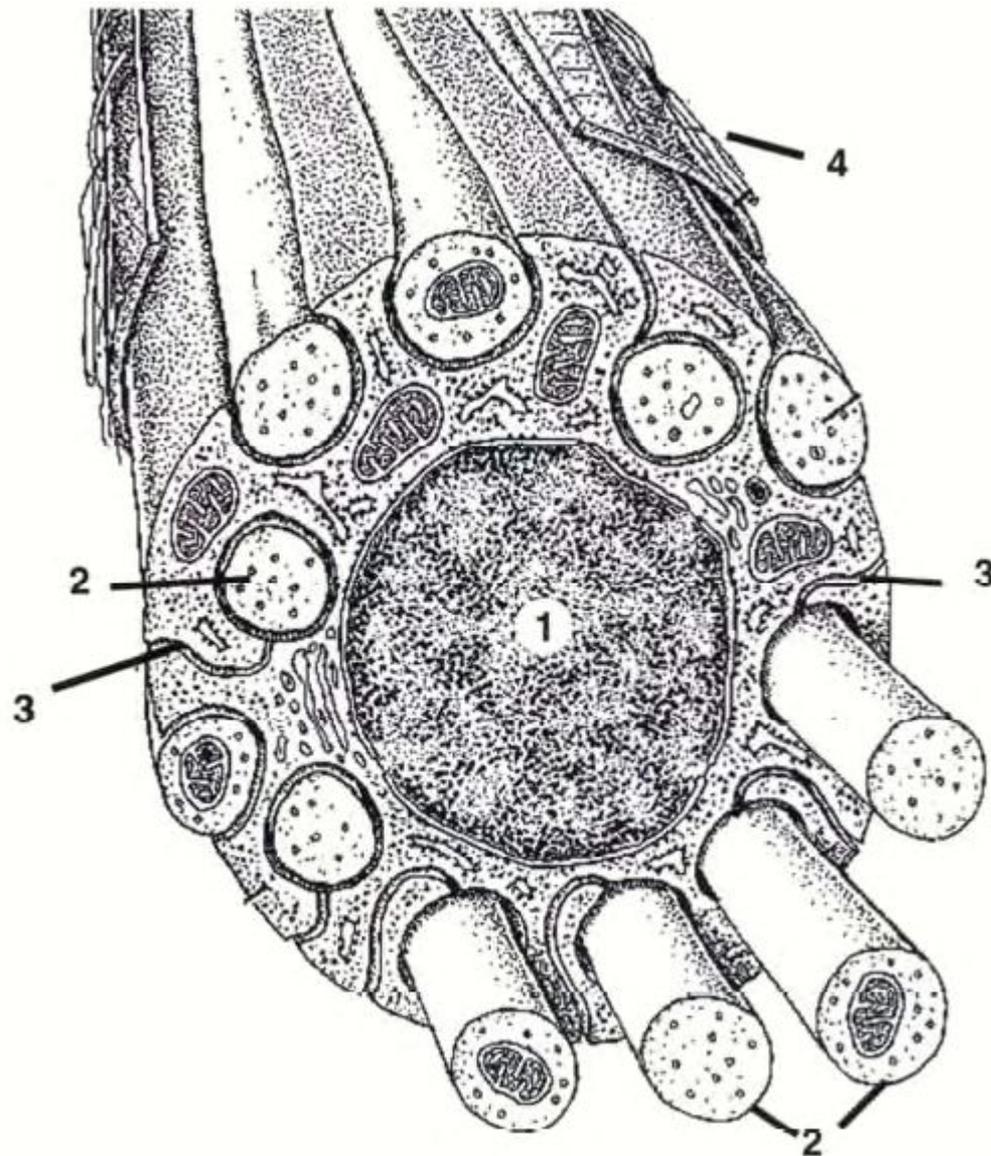
1 — ядро леммоцита (шванновской клетки):
располагается в центре волокна;

2 — осевые цилиндры (отростки нейронов):

10—20 осевых цилиндров погружено по периферии волокна в цитоплазму леммоцита. Над каждым цилиндром плазмолемма леммоцита смыкается — так, что образуется "брыжейка", или

3 — мезаксон;

4 — базальная мембрана вокруг нервного волокна.



Мякотные (миелиновые) нервные волокна (импрегнация осмием)

А - расщепленные волокна.

Б - поперечный разрез.

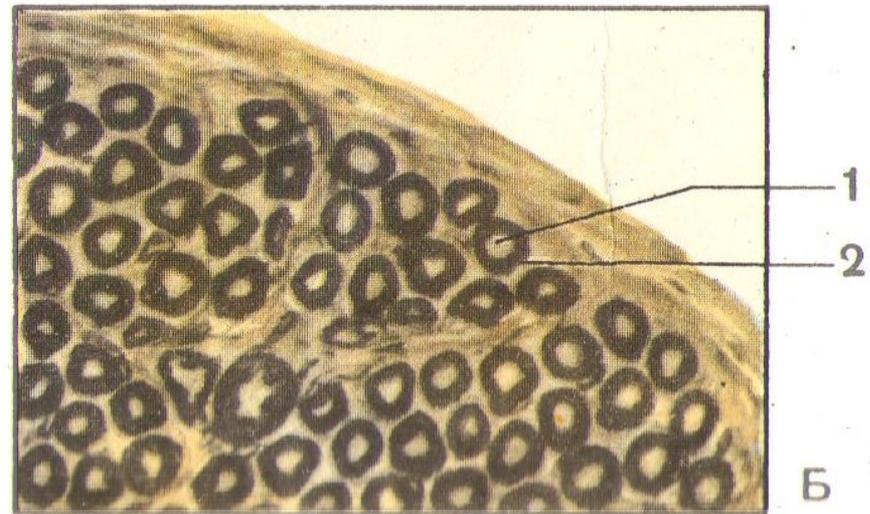
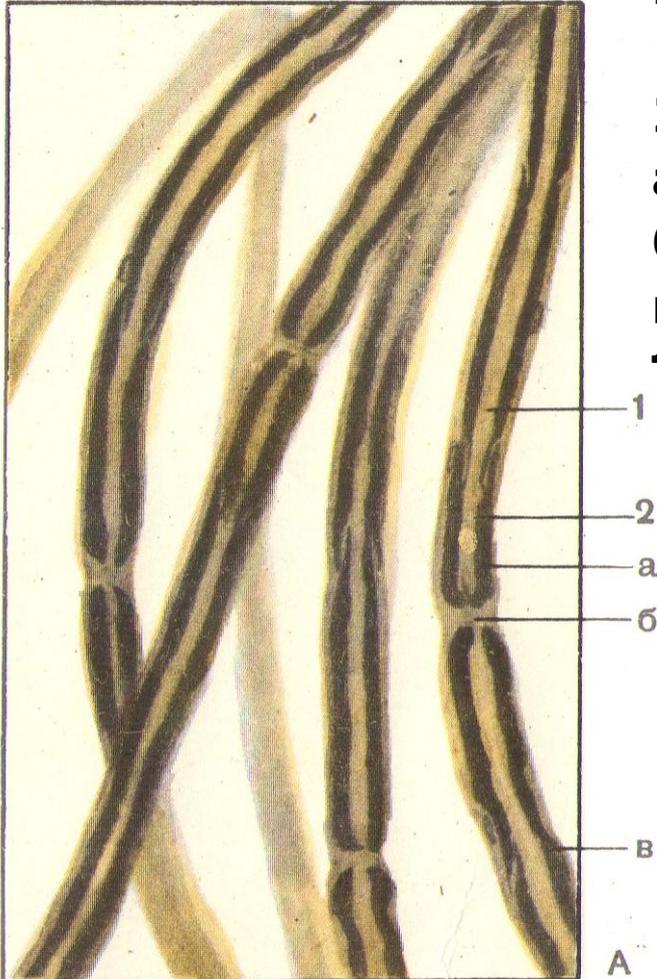
1 - осевой цилиндр,

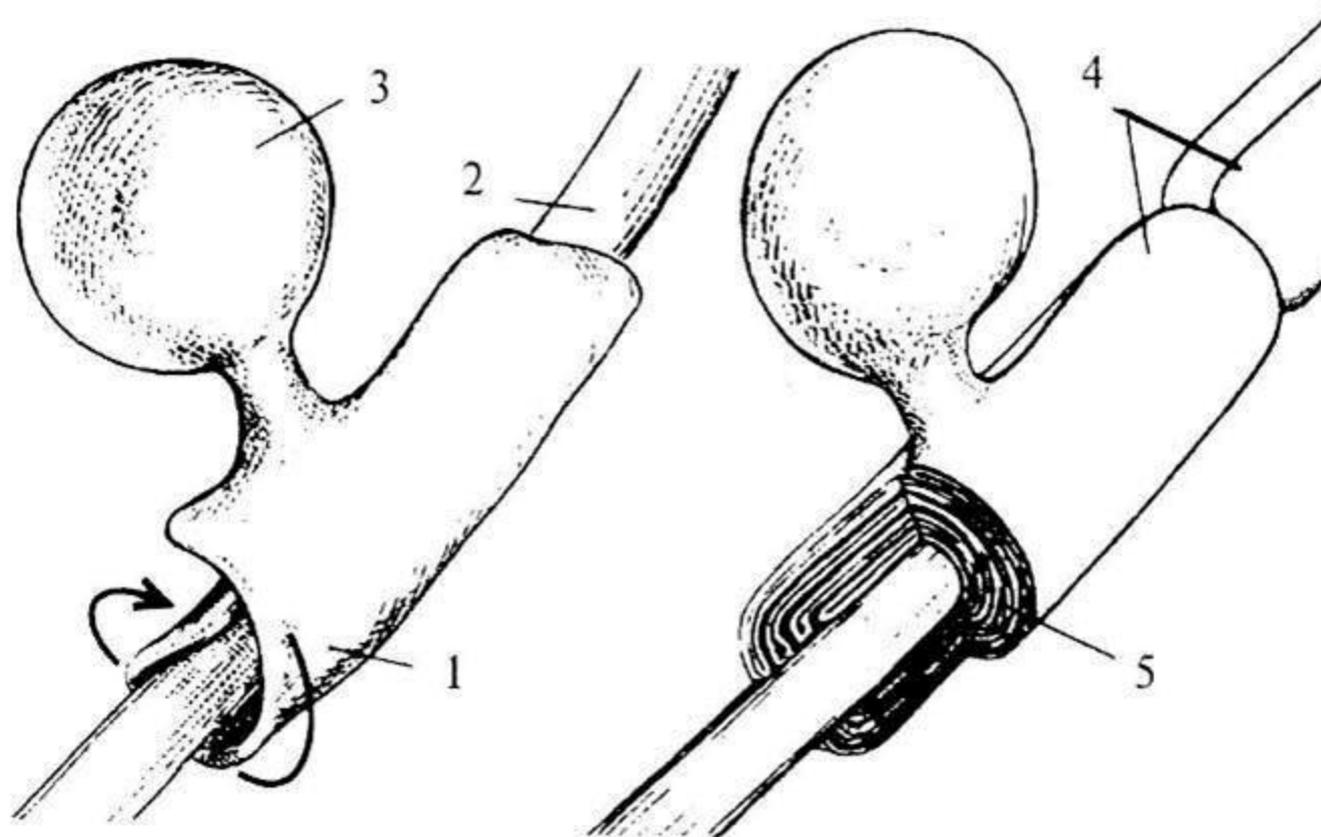
2 - невролемма (швановская оболочка),

а - миелин,

б - перехват Ранвье,

в - насечка невролеммы (Шмидта-Лангермана).





Образование миелинового чехла на аксоне.

1 — наматывание слоев миелина; 2 — аксон; 3 — олигодендроцит; 4 — перехват Ранвье; 5 — слой миелиновой оболочки.

Строение миелинового нервного волокна (схема)

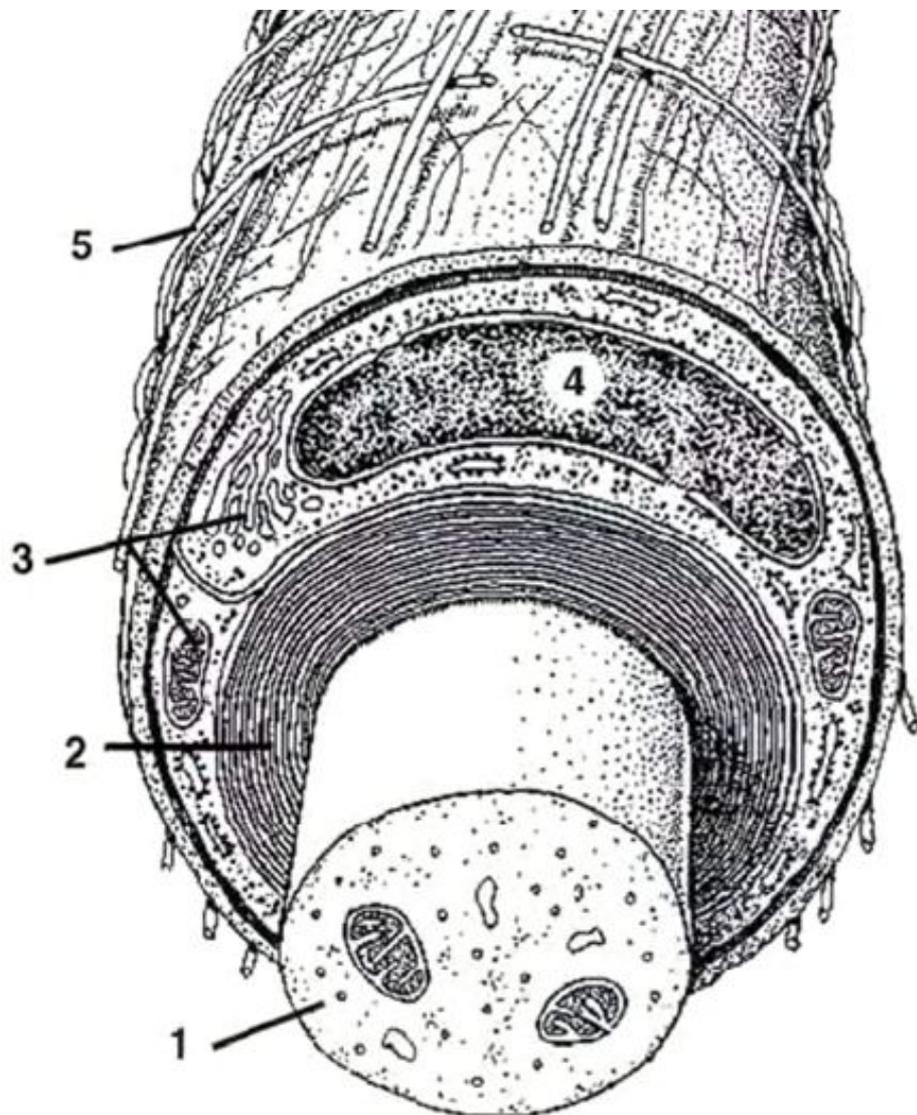
1 — осевой цилиндр (отросток нервной клетки). В миелиновом волокне он всего один, располагается в центре и значительно больше по диаметру, чем в безмиелиновом волокне.

2 — миелиновый слой оболочки волокна. Это несколько слоев мембраны шванновских клеток (леммоцитов), concentрически закрученных вокруг осевого цилиндра. Фактически это сильно удлинённый мезаксон.

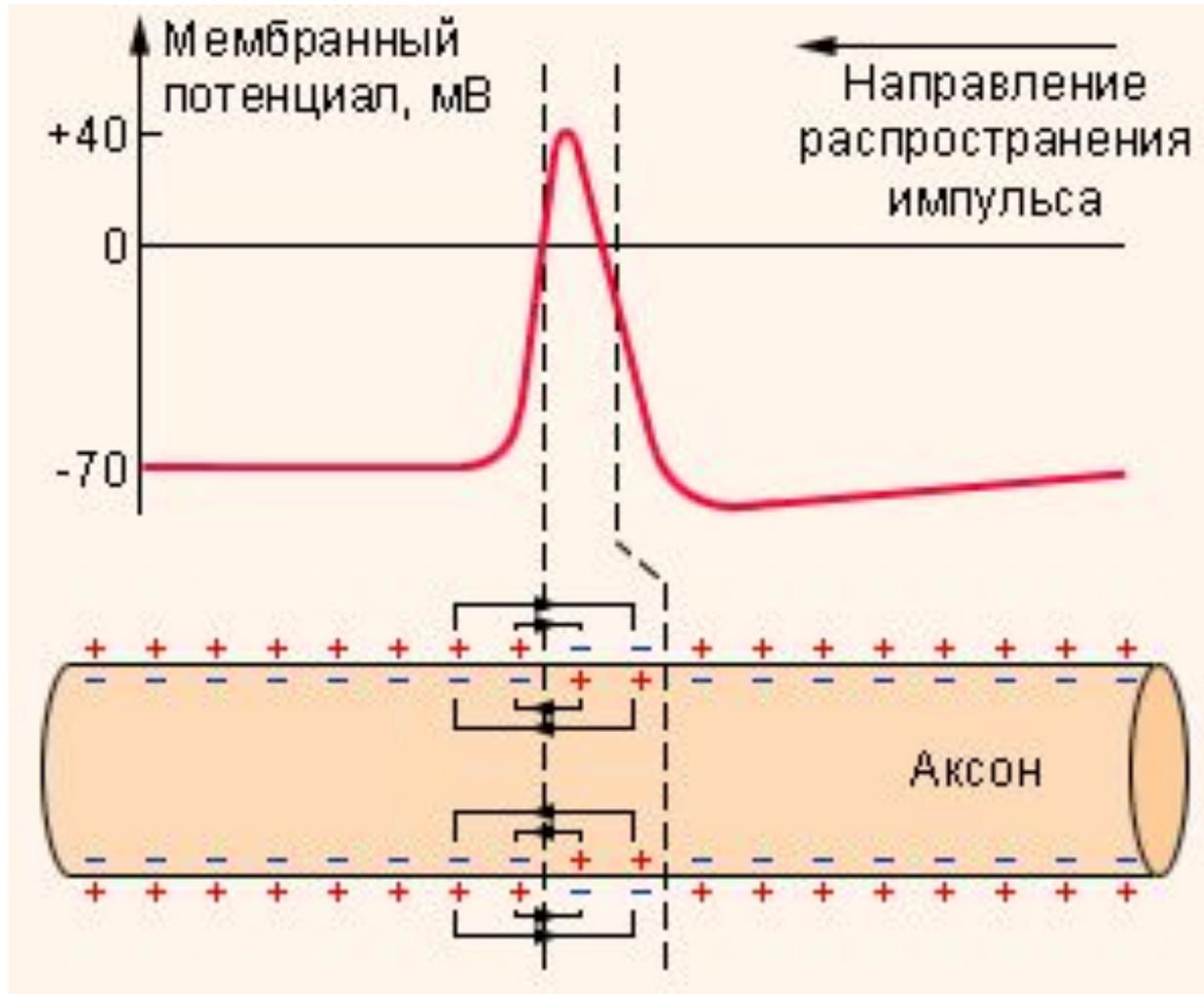
3 — цитоплазма леммоцита.

4 — ядро леммоцита: вместе с цитоплазмой оттеснено к периферии волокна и образует нейролемму — наружный слой оболочки миелинового волокна.

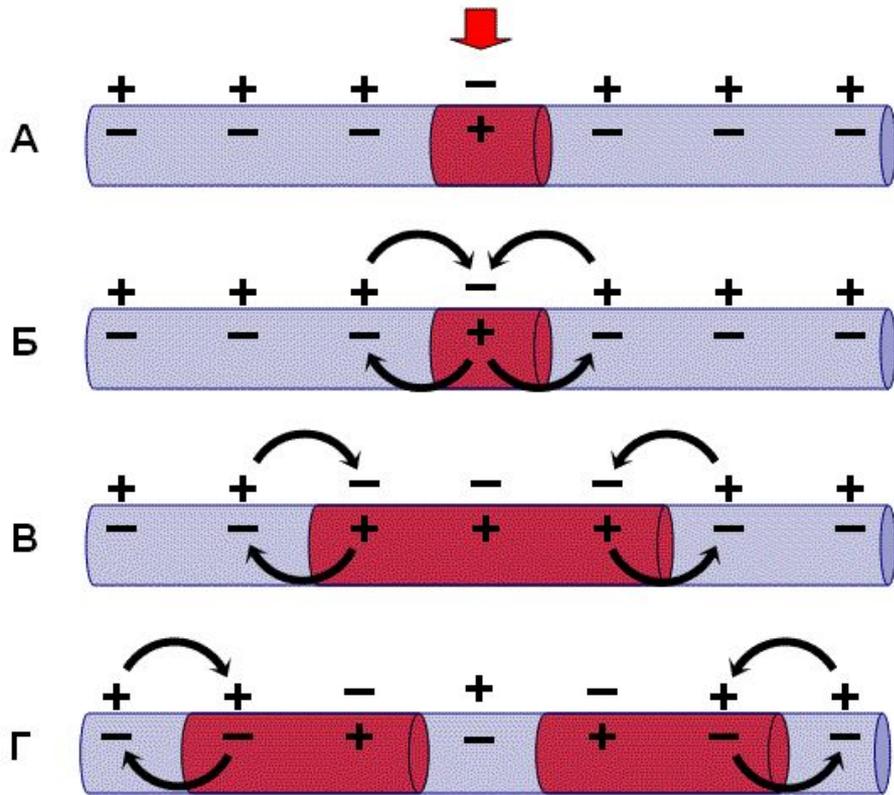
5 — базальная мембрана, окружающая волокно.



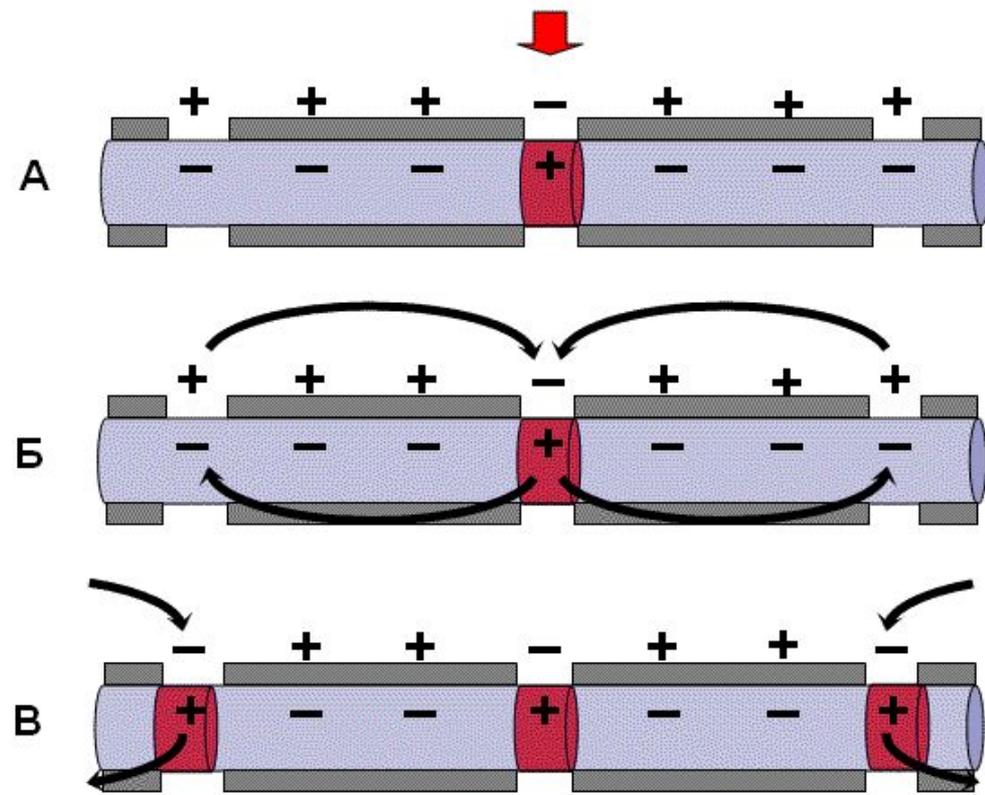
Передача сигнала по аксону



Проведение импульсов по нервным волокнам

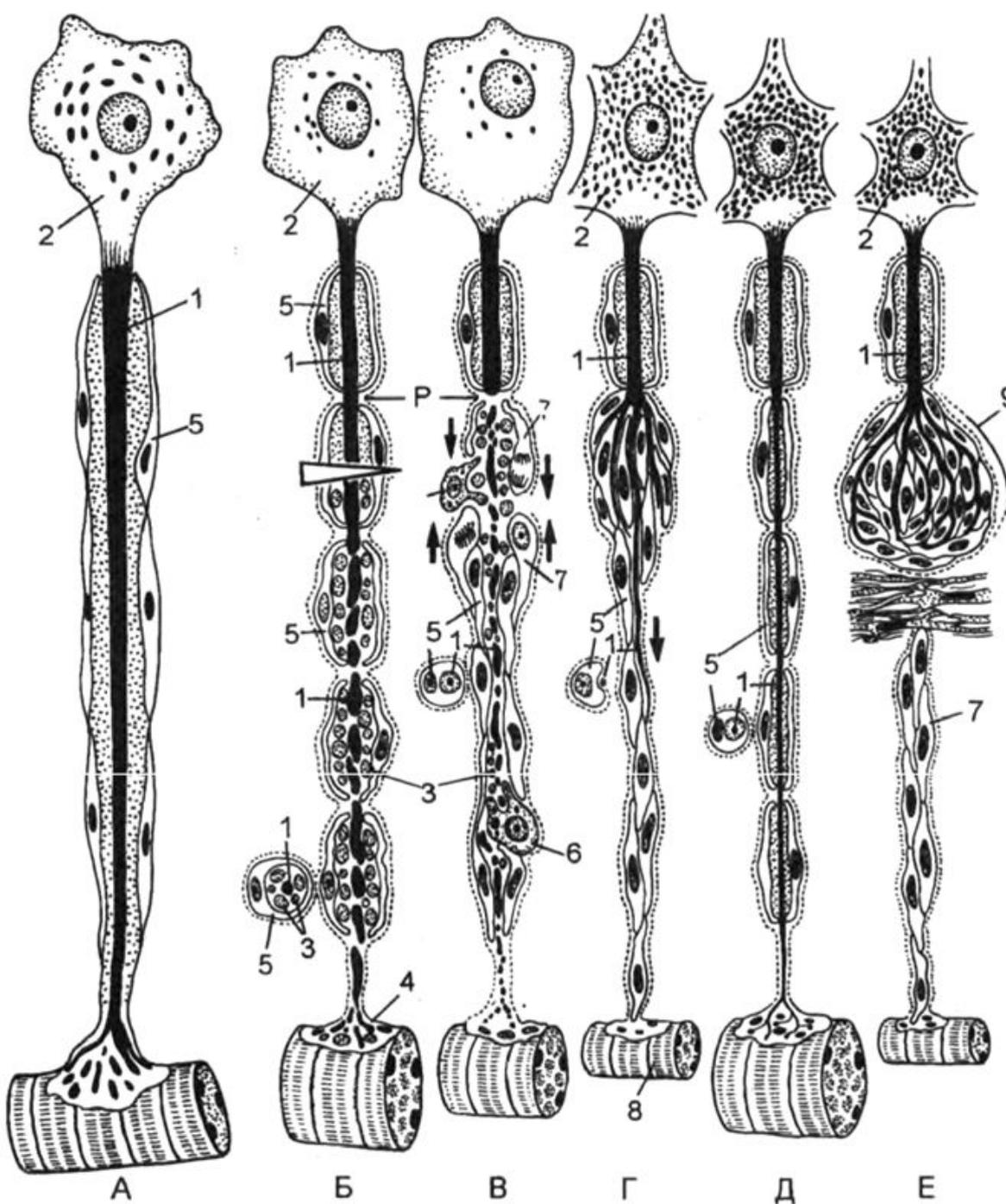


Бемиелиновые



Миелиновые

Регенерация нервного волокна

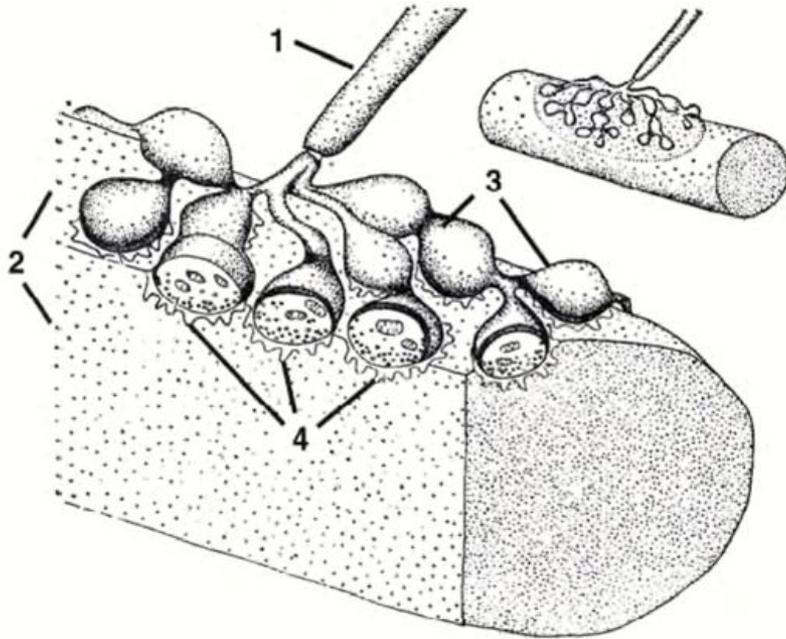


- 1-аксон;
- 2-перикарион;
- 3-фрагментация миелина и образование жировых капель;
- 4-моторная бляшка;
- 5-нейролеммоциты;
- 6-макрофаги;
- 7-формирование лент Бюгнера;
- 8-мышечное волокно;
- 9-ампутационная неврома

Классификация нервных окончаний

- **Эффекторные н.о.** – это окончания аксонов эффекторных нейронов (**моторные** и **секреторные**)
- **Рецепторные н. о.** - это окончания **дендритов** чувствительных нервов.
- **Окончания**, образующие **межнейронные синапсы** (**аксодендритические** (между аксоном одного и дендритом другого нейрона); **аксосоматические** (между аксоном одного и телом другого нейрона); **аксоаксональные** (между аксонами двух нейронов); **соматодендритические** синапсы (между телом одного и дендритом другого нейрона). Медиаторы: **ацетилхолин**, **серотонин**, **норадреналин**, **ГАМК**, **дофамин**, **глицин** и многие другие.
- **Аксотазальные синапсы** - это окончания **аксонов** нейросекреторных нейронов на капиллярах.

Нервно-мышечное окончание (схемы)



1 — аксон (в составе миелинового волокна), подходящий к мышечному волокну (2);

3 — терминальные ветви аксона: лишены миелиновой оболочки. Погружены в мышечное волокно (вместе с прогибающейся сарколеммой) и образуют пресинаптические окончания.

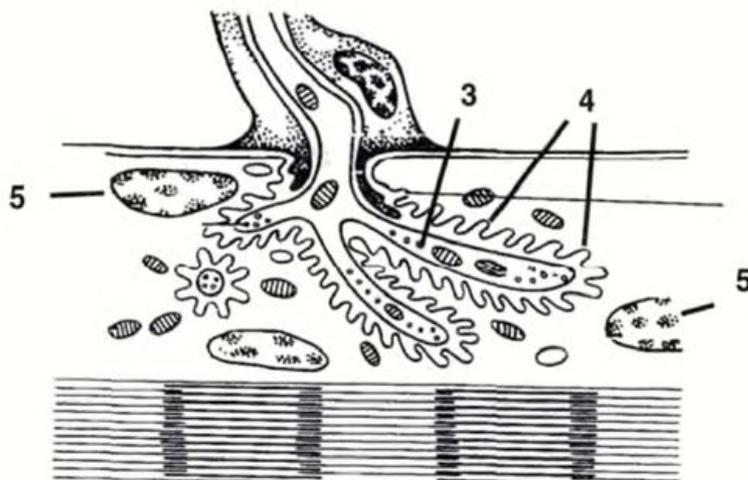
Последние содержат пузырьки с медиатором — ацетилхолином.

4 — постсинаптическая мембрана: это участки сарколеммы, окружающие нервные окончания.

Мембрана образует многочисленные инвагинации (для увеличения площади контакта с медиатором) и содержит два ключевых белка:

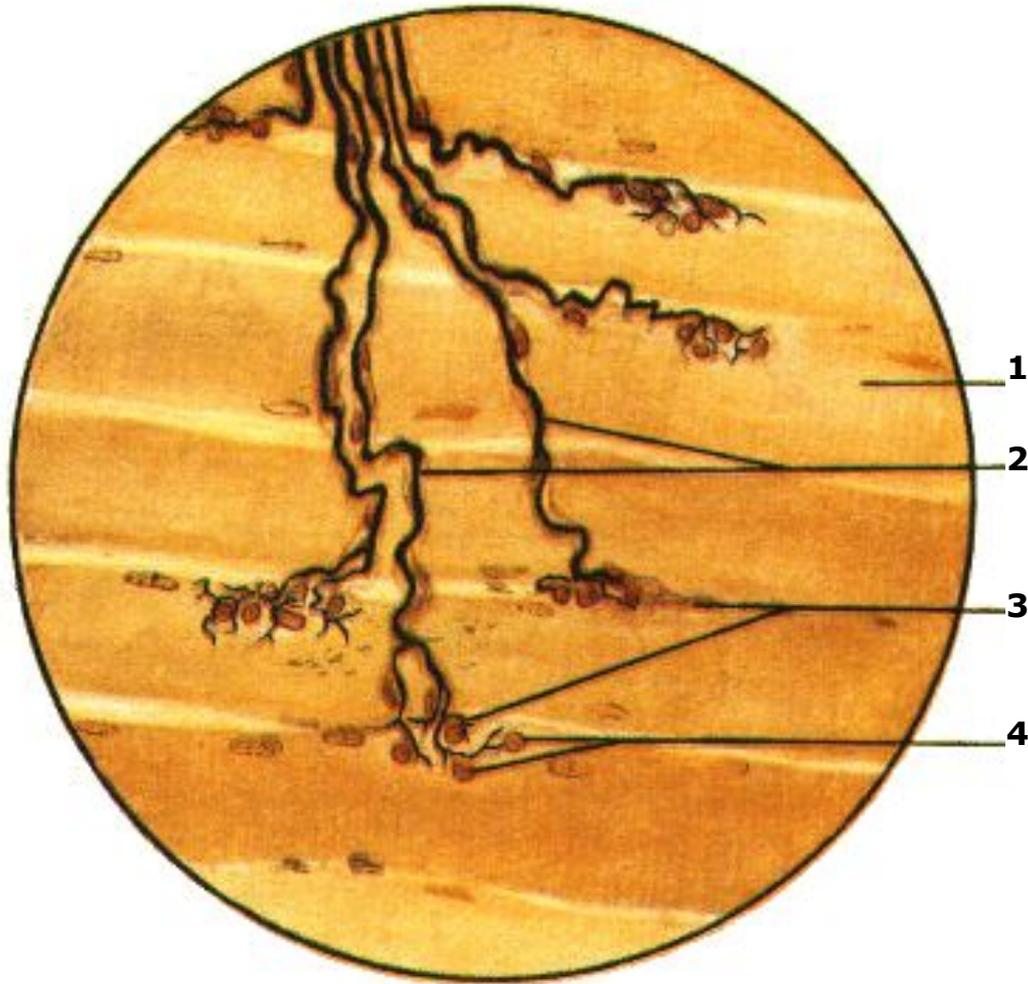
а) рецепторы к ацетилхолину и

б) фермент холинэстеразу (для разрушения ацетилхолина).



5 — митохондрии в прилежащей саркоплазме.

Двигательные нервные окончания на поперечнополосатых мышечных волокнах



**1 – миелиновые
волокна,**

**2 – двигательные
пластинки,**

**3 – ядра
леммоцитов
(шванновских
клеток)**

Рецепторные нервные окончания

<p>I. По происхождению воспринимаемых сигналов:</p>	<p>экстерорецепторы (воспринимают сигналы из внешней среды), интерорецепторы (настроены на сигналы из внутренней среды).</p>
<p>II. По природе воспринимаемых сигналов:</p>	<p>ноци- (болевые), механо-, баро-, хемо-, термо-проприо- (мышечно-суставное чувство) и пр. рецепторы.</p>
<p>III. По строению рецепторов:</p>	<p>1. свободные нервные окончания (конечные ветвления осевого цилиндра лишены оболочки); 2. несвободные нервные окончания (вокруг осевого цилиндра сохраняются клетки глии) - неинкапсулированные, инкапсулированные (заключены в соединительнотканную капсулу).</p>

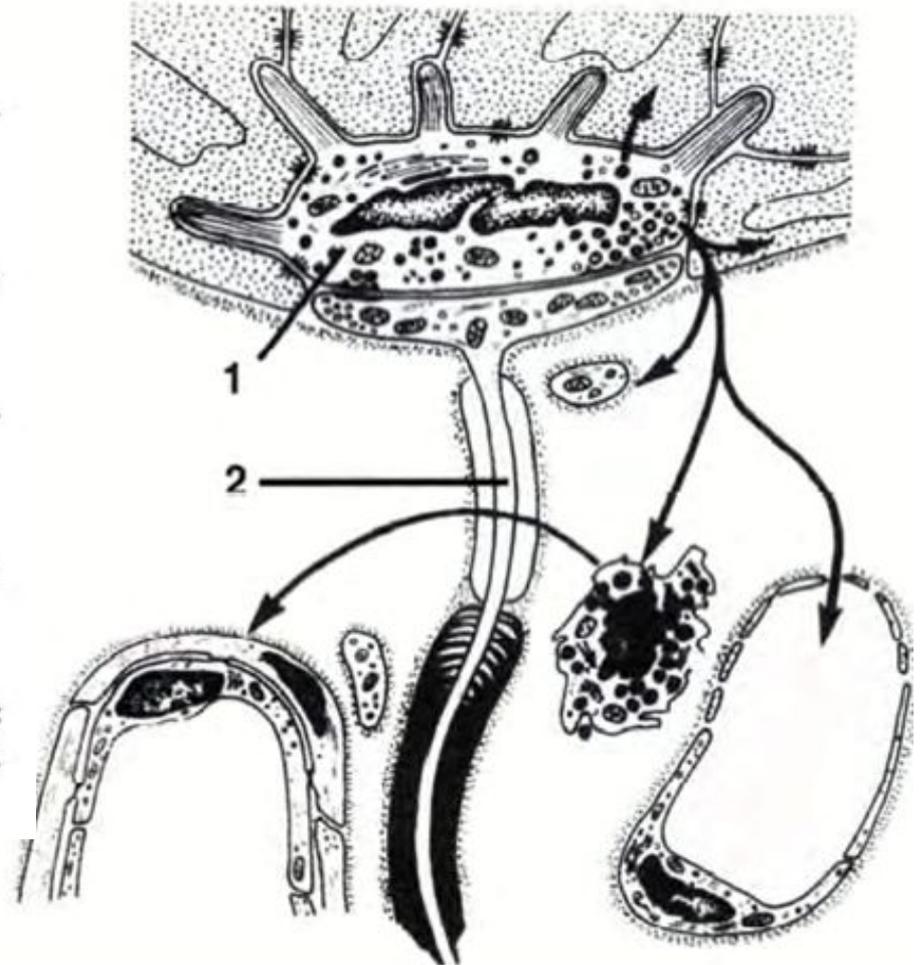
Свободное нервное окончание и клетка Меркеля

1 — клетка Меркеля (осязательный эпителиоцит) в базальном слое эпидермиса.

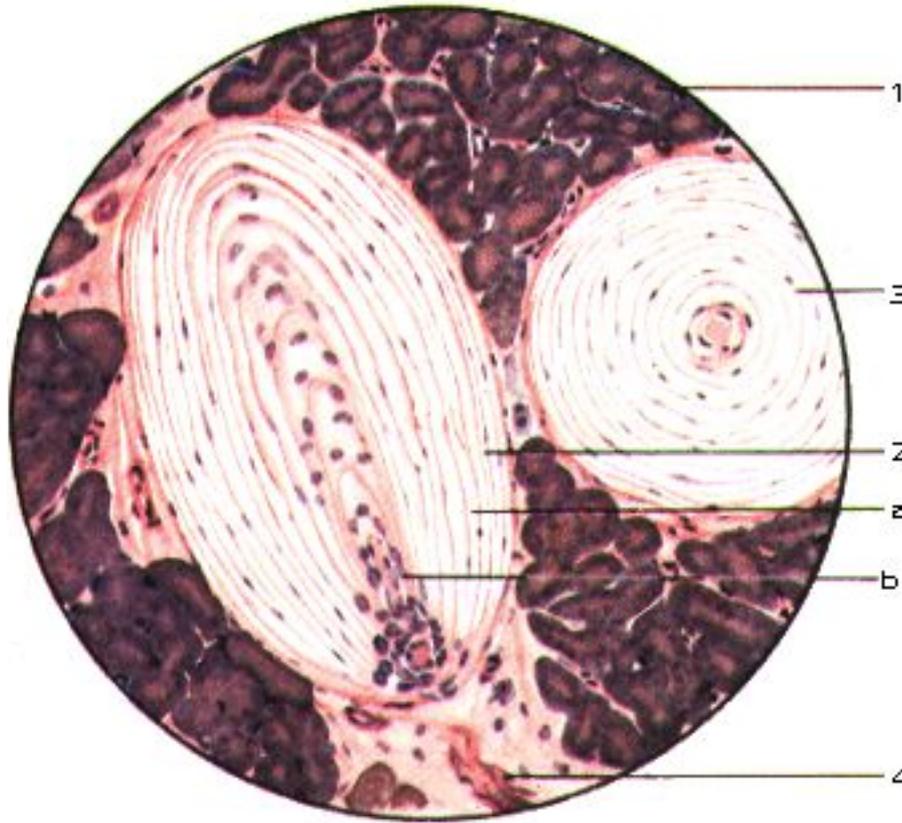
Обычно подобные клетки объединены в т.н. диски Меркеля.

2 — окончание дендрита чувствительного нейрона, контактирующее с клеткой Меркеля:

В ответ на осязательное раздражение, клетки Меркеля передают сигнал дендриту, а также выделяют ряд факторов, влияющих на тонус кровеносных сосудов и регенерацию эпителия.



Пластинчатое тельце Фатера – Пачини в поджелудочной железе



1- концевые отделы
поджелудочной железы,

2 – пластинчатое тельце,
срезанное вдоль

а – наружная колба,
образованная плотной
волокнистой соединительной
тканью,

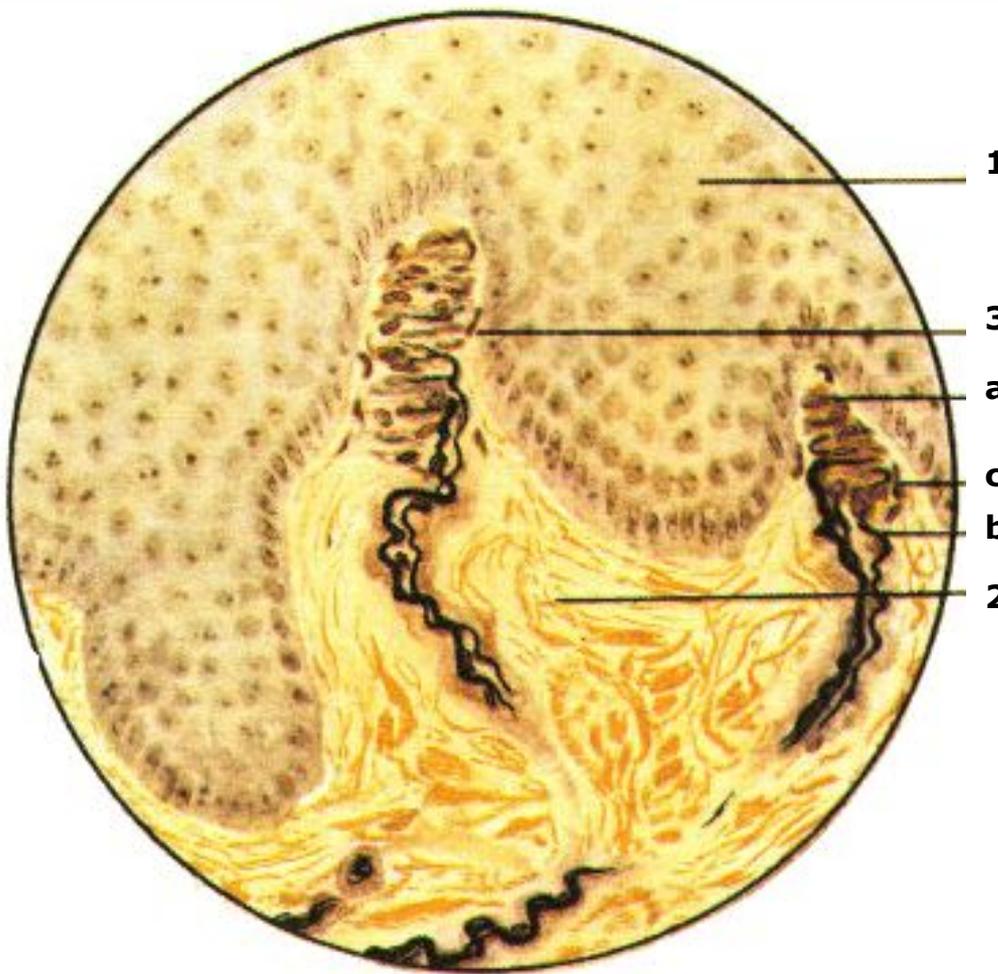
б – внутренняя колба,
образованная глиальными
клетками леммоцитами,

3 – поперечный срез,

4 – дендрит чувствительного
нейрона

Воспринимают давление и вибрацию, располагаясь в глубоких слоях дермы, брыжжейке и внутренних органах

Осязательное тельце Мейснера в коже пальца человека



- 1** – эпидермис кожи,
2 – сосочки РВСТ
дермального слоя кожи,
3 – капсула из
волокнутой СТ,
a – нервные окончания
дендритов нейронов
спинномозгового узла и
олигодендроциты без
миелиновой оболочки,
b – нервное волокно,
c – клетки
соединительной ткани,
формирующие капсулу
тактильного тельца

Нервно-мышечное веретено (схема)

Нервно-мышечные веретена — инкапсулированные мышечные окончания в скелетных мышцах.

В каждом из них имеется 3 компонента.

1 — интрафузальные (внутриверетенные) мышечные волокна.

Они тонкие и короткие. Содержат миофиламенты только в концевых отделах, а в центральной части их лишены.

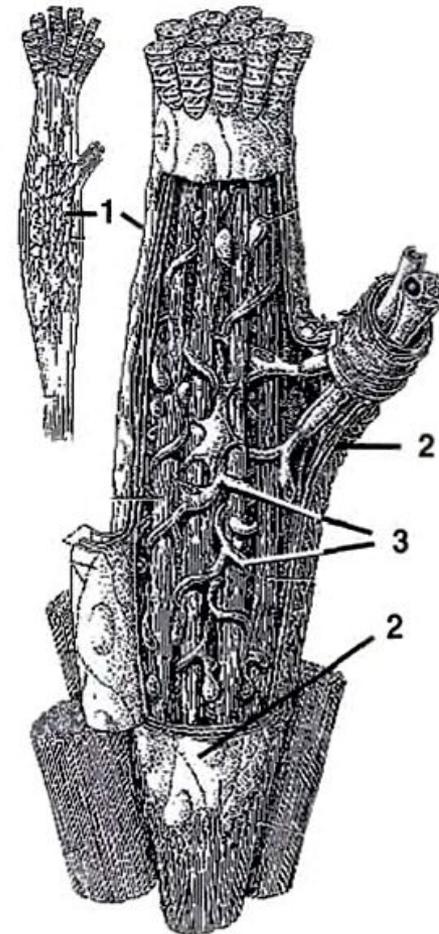
2 — растяжимая соединительнотканная капсула вокруг веретена.

3 — афферентные (чувствительные) нервные волокна и их окончания. Под капсулой они оплетают центральные части интрафузальных мышечных волокон.

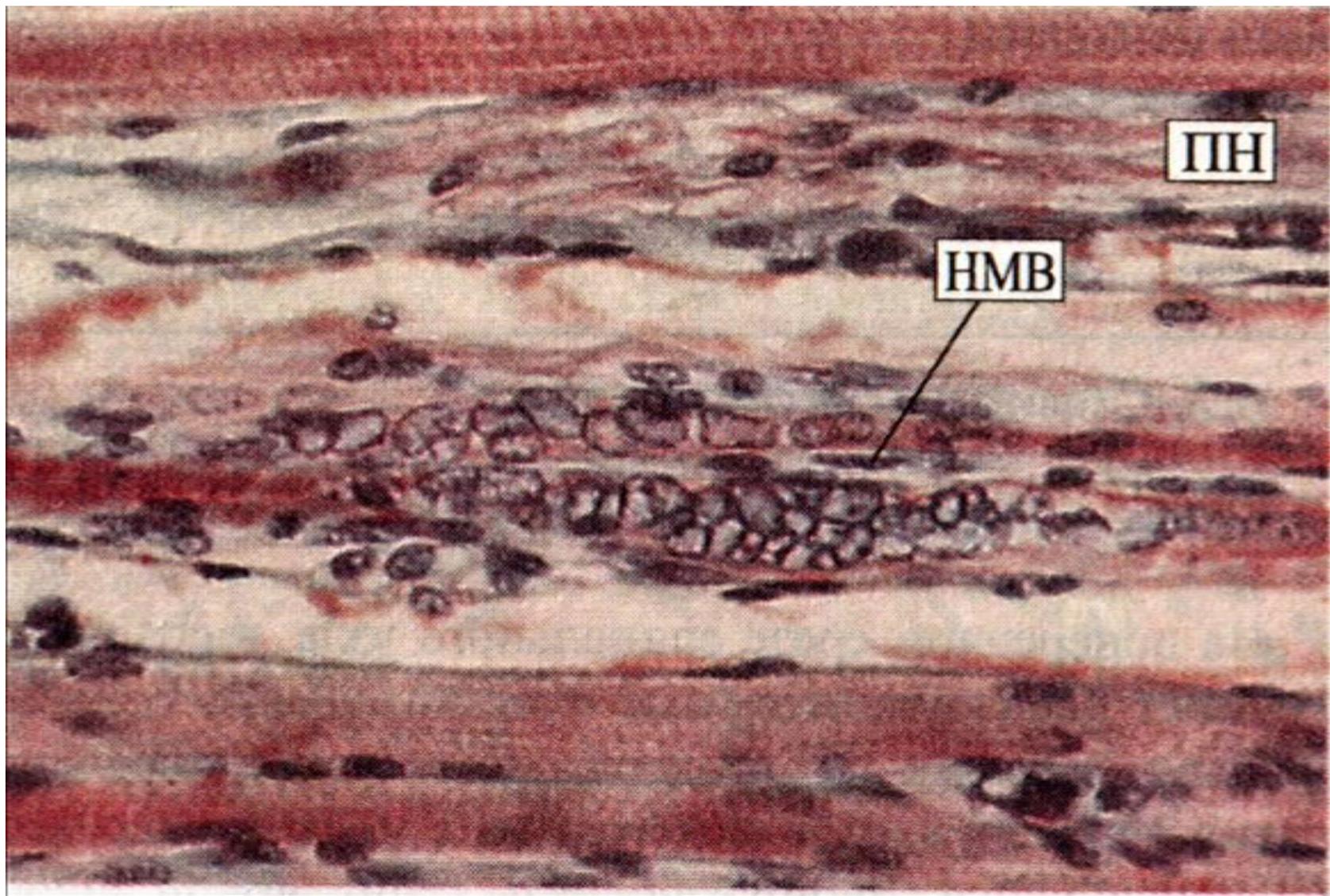
Данные окончания реагируют на растяжение центральной части веретена, что имеет место:

- а) при растяжении (расслаблении) всей мышцы,
- б) а также при сокращении концевых участков интрафузальных волокон под влиянием специальных эффекторных нервных волокон (идущих от гамма-мотонейронов спинного мозга).

В обоих случаях раздражение рецепторов вызывает (по рефлексорной дуге) сокращение мышцы или повышение ее тонуса.



Нервно-мышечное веретено продольный срез скелетной мышцы (г-э)



Строение синапса (схема)

Составные части синапса:

1 — пресинаптическое окончание: обычно расширено и содержит пресинаптические пузырьки с медиатором;

2 — синаптическая щель;

3 — постсинаптическая мембрана: это прилегающая часть мембраны постсинаптической клетки, где имеются рецепторы к медиатору.

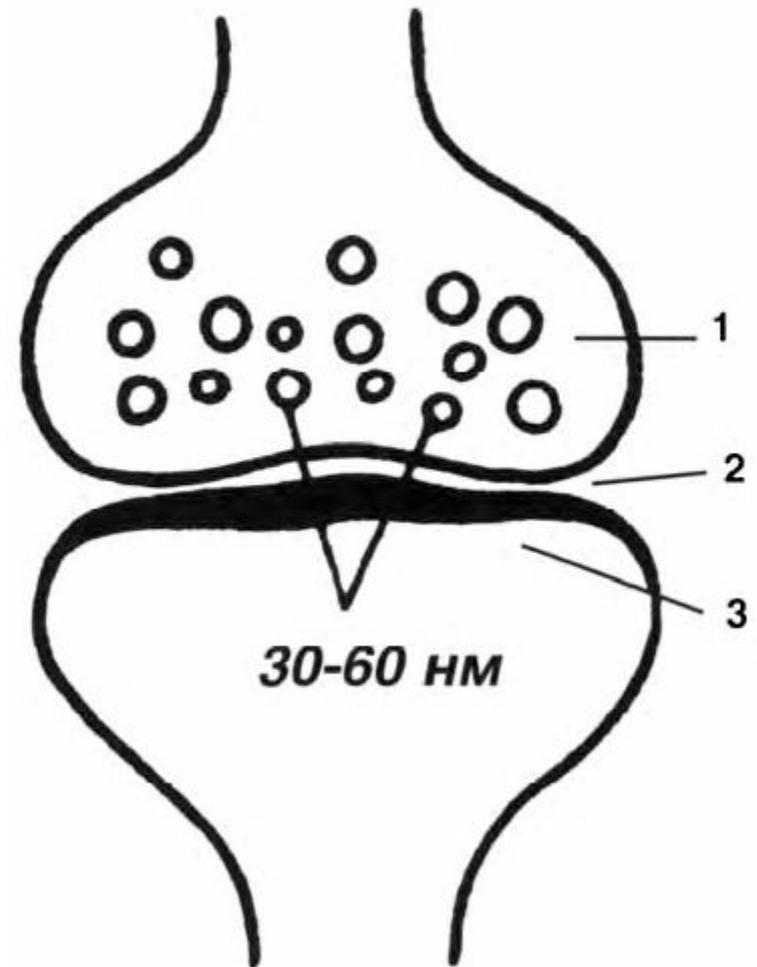
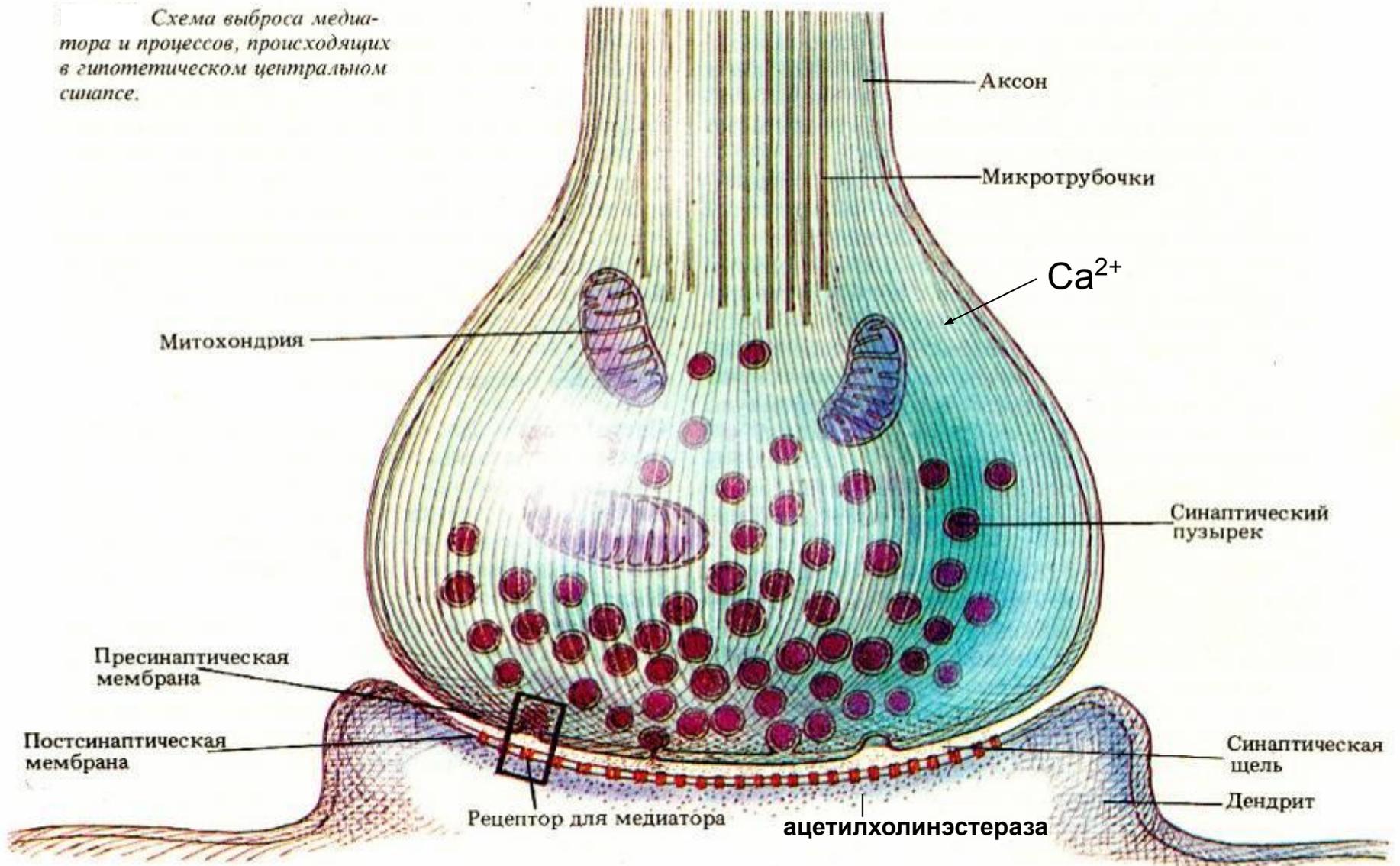
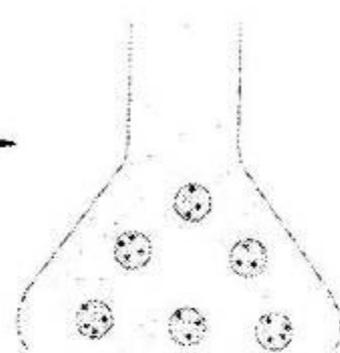
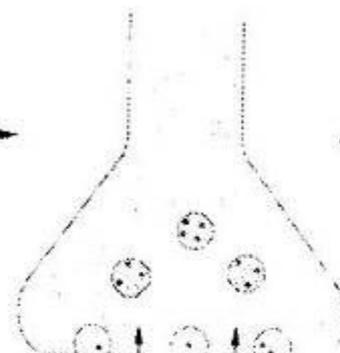
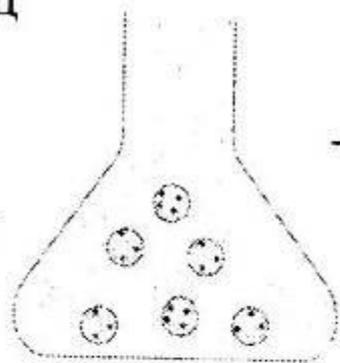
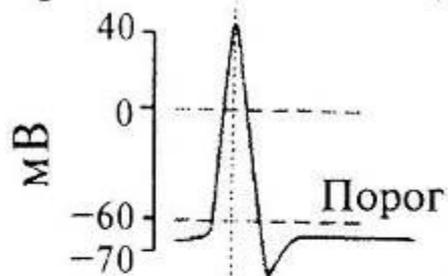


Схема выброса медиатора и процессов, происходящих в гипотетическом центральном синапсе.

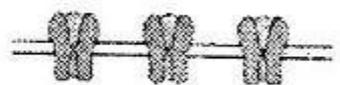
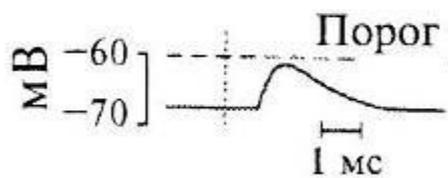


Строение синапса

Пресинаптический ПД



Синапс



ПД входит в пресинаптическую терминаль

Входит Ca^{++} , что вызывает выброс медиатора

Na^+ Na^+ Na^+
Каналы открываются, и в нейрон входит Na^+

Последовательность событий при возбуждении синапса.

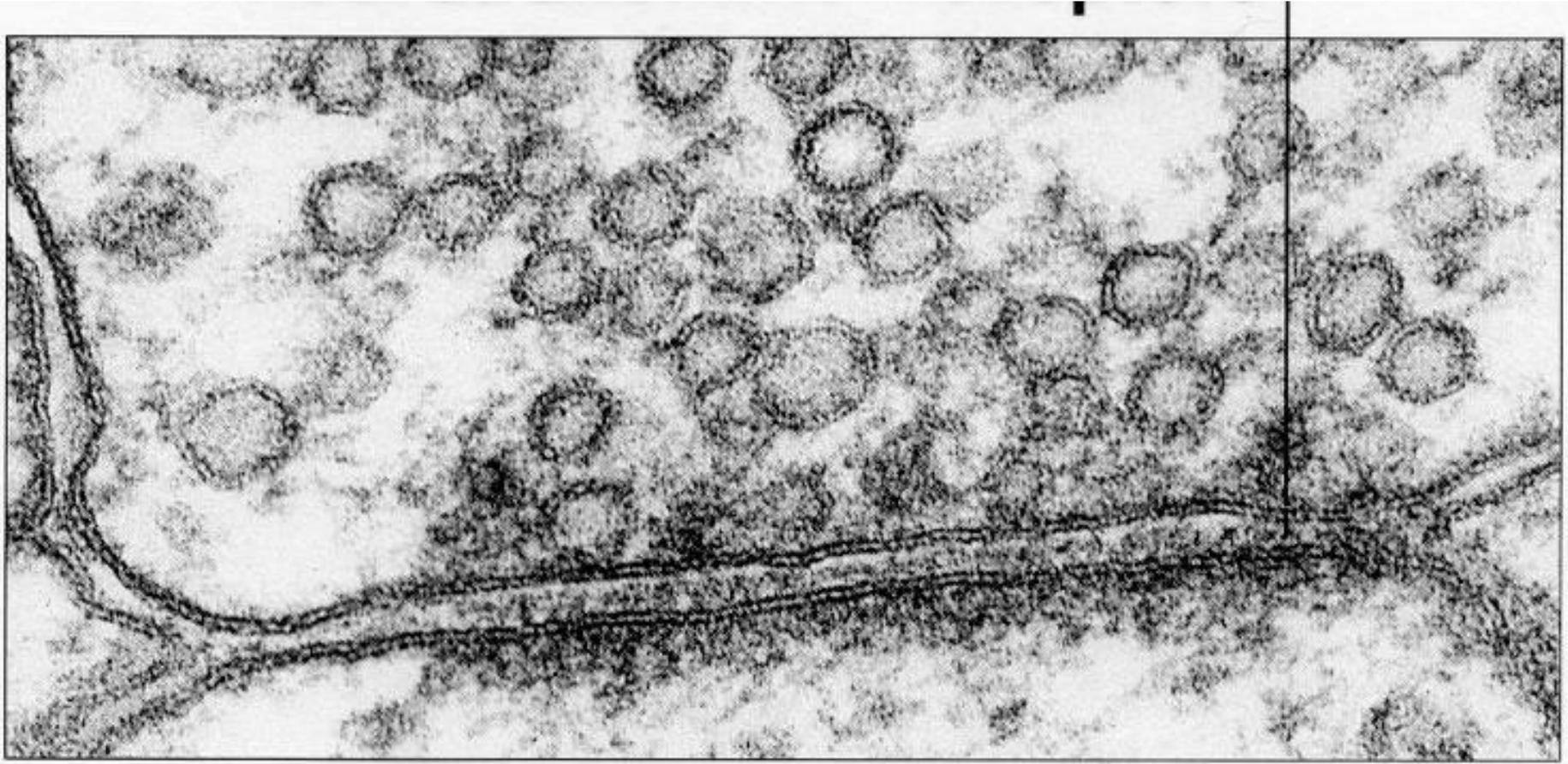
Деполяризующие синапсы необходимы для генерации нервных импульсов, и поэтому потенциалы, возникающие в таких синапсах, были названы **возбуждающими постсинаптическими потенциалами (ВПСП)**.

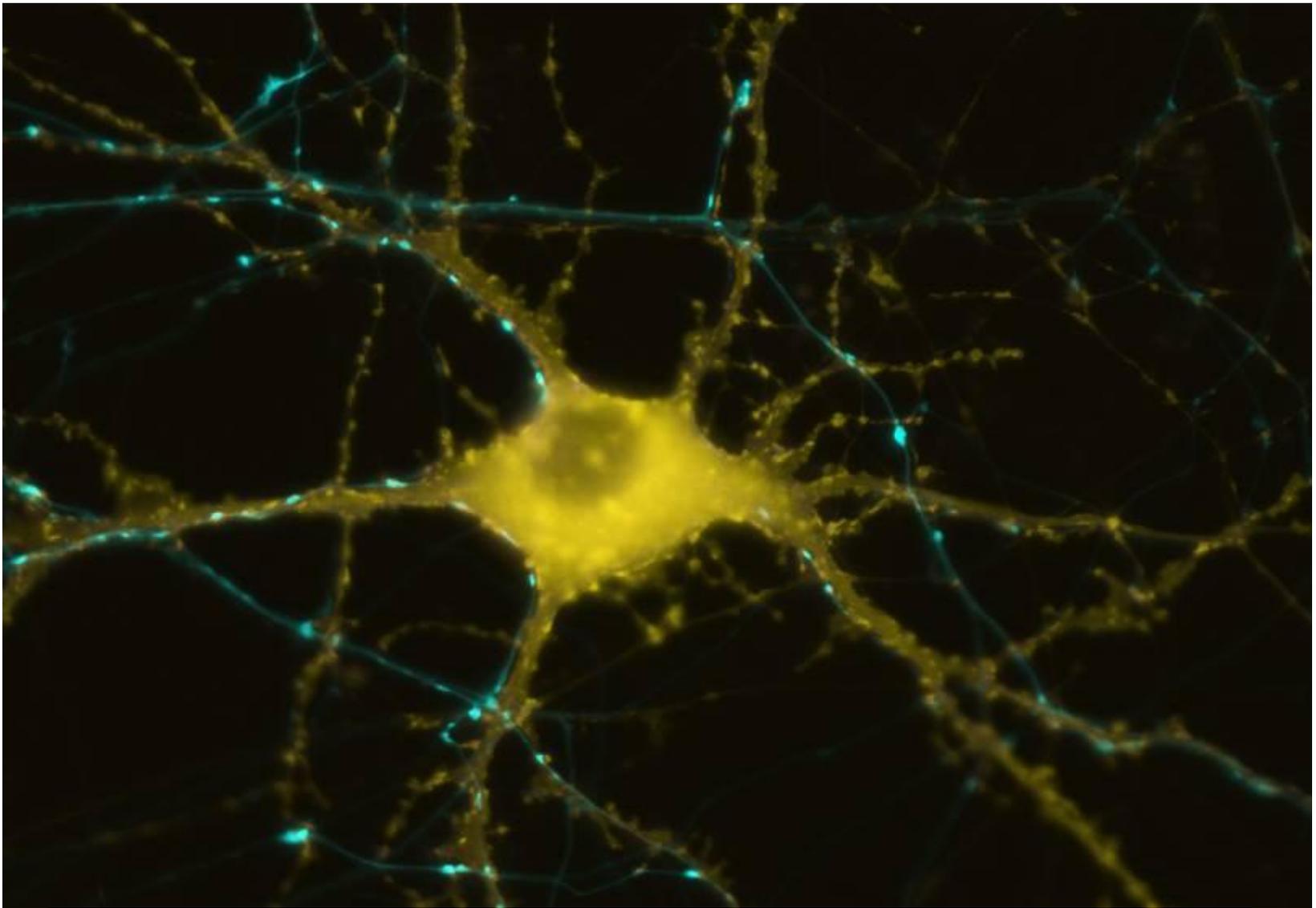
Деполяризующий ток преимущественно связан со входом ионов Na^+ .

Ток может быть также связан с открытием каналов либо для выхода катионов K^+ , либо для входа анионов Cl^- . Эти ионные потоки приводят к удержанию мембранного потенциала на уровне покоя или к некоторой гиперполяризации мембраны. Поскольку эти потенциалы препятствуют деполаризации мембраны и, следовательно, генерации нервных импульсов, их называют **тормозными постсинаптическими потенциалами (ТПСП)**.

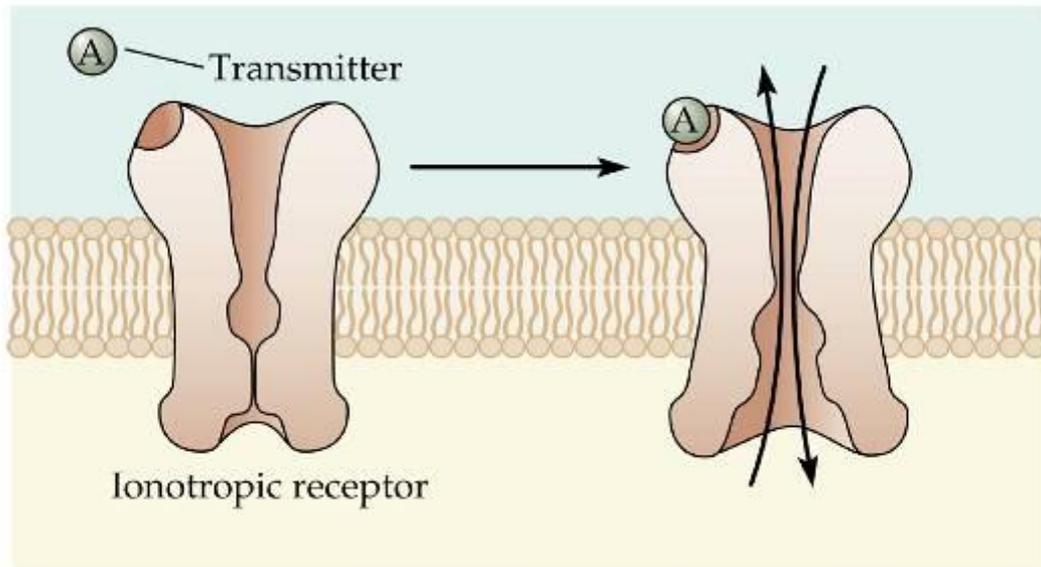
Синаптические потенциалы представляют собой градуальные реакции.

Электронная микрофотография синапса

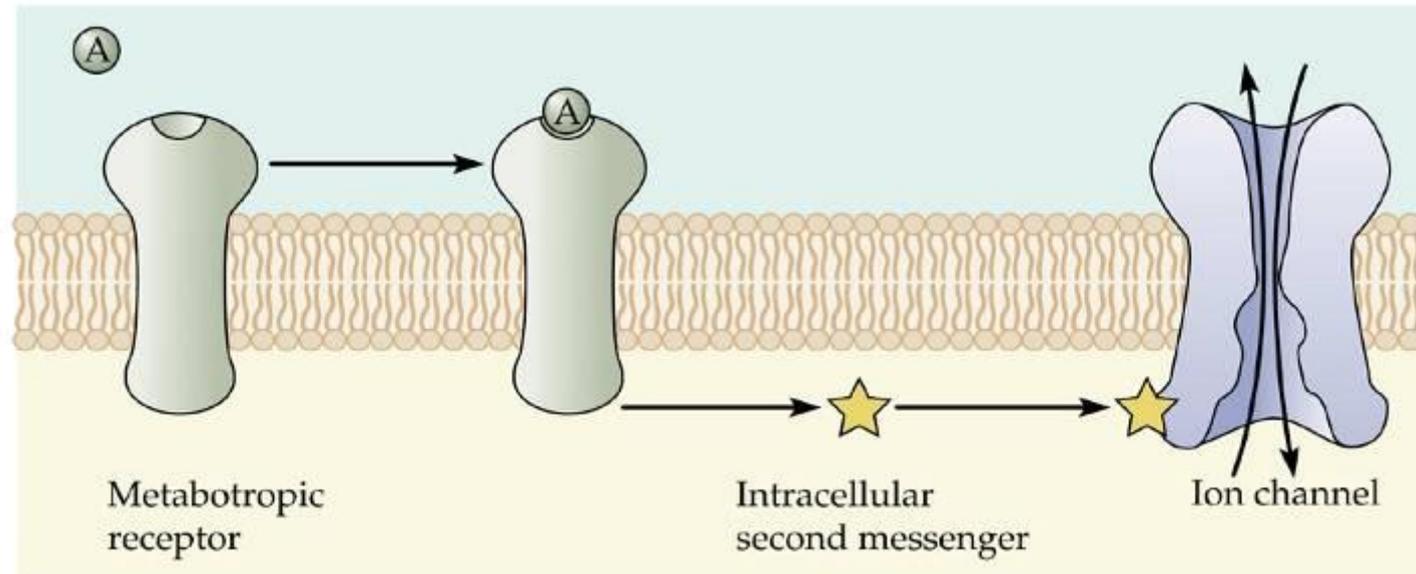




Синаптические контакты на нейроне гиппокампа
(микрофотография с применением
иммунохимических красителей)



Ионотропный
рецептор
(рецептор и
канал
составляют
единое целое)



Метаботропный
рецептор
(активация
рецептора ведет к
синтезу
вторичного
посредника
внутри клетки,
который, в свою
очередь,
открывает ионные
каналы и
запускает другие
процессы в
клетке)

Ионотропные рецепторы обеспечивают очень быструю реакцию нейрона (порядка нескольких миллисекунд), однако способны непосредственно влиять лишь на потенциал мембраны нейрона, поэтому участвуют в быстрой передаче сигналов.

Метаботропные рецепторы действуют значительно медленнее (долее 100 мс), однако:

- Реакция постсинаптического нейрона более длительная, так как вторичный посредник не сразу разрушается и продолжает действовать в цитоплазме еще некоторое время
 - Синтез вторичных посредников обеспечивает усиление сигнала (на одну молекулу медиатора синтезируются сотни молекул вторичного посредника)
 - Вторичные посредники способны влиять одновременно на множество процессов во всем нейроне, в том числе в его ядре.
- Соответственно, метаботропные рецепторы обеспечивают нейромодуляцию (настройку «режимов работы» нейронов).

Вторичные посредники (вторичные мессенджеры) передают сигнал внутри нейрона от одной его части к другой:

- **цАМФ** (циклический аденозинмонофосфат)
- **цГМФ** (циклический гуанозинмонофосфат)
- **кальций** (Ca^{2+})
- **окись азота** (NO) – [может выступать как ретроградный мессенджер, т.е. передавать сигнал через синапс в обратном направлении]

Примечание: кальций может входить в нейрон через ионотропный канал, но действовать внутри клетки как вторичный посредник.

Агонист – вещество, активирующее рецептор к данному медиатору

Антагонист – вещество, блокирующее рецептор к данному медиатору или препятствующее действию медиатора

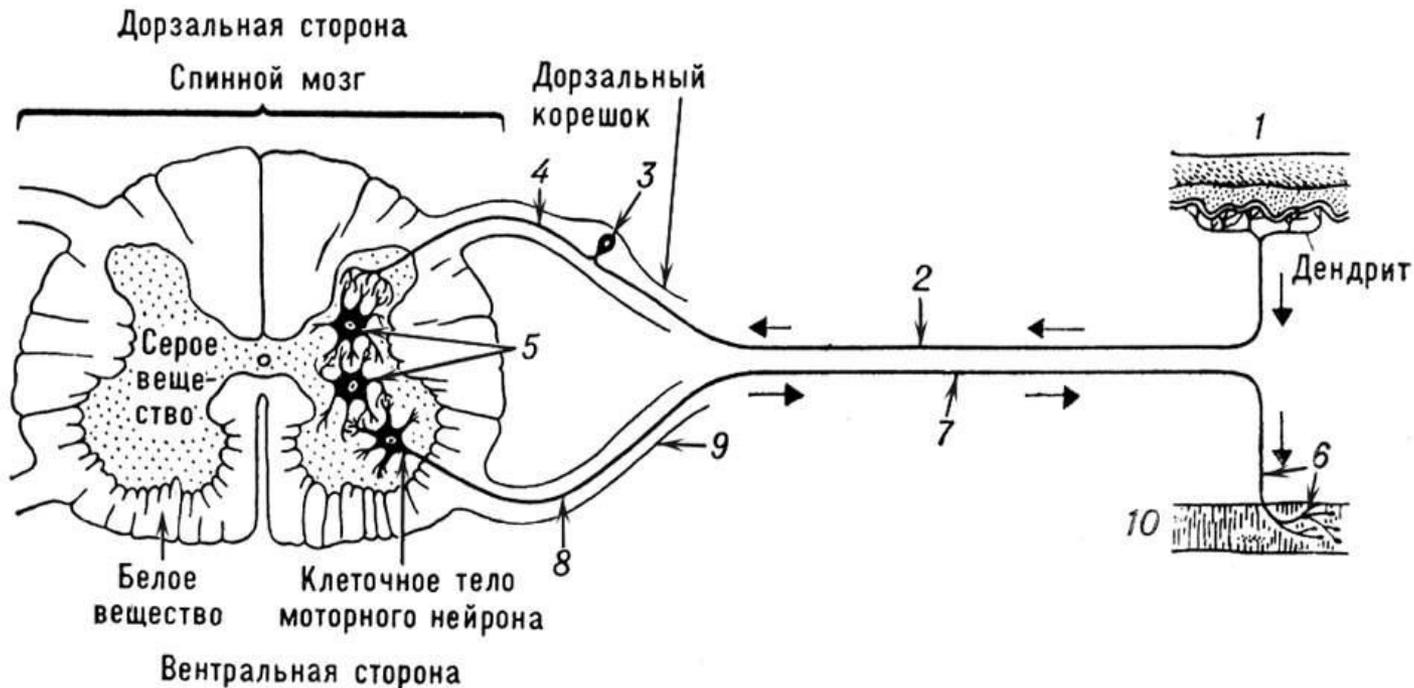
Например, яд кураре – антагонист н-холинорецепторов к ацетилхолину в мышцах, блокирует нервно-мышечную передачу и вызывает временный паралич

Медиаторы нервной системы

Медиаторы (нейротрансмиттеры) передают сигнал от одного нейрона к другому:

- **Глутамат** – основной возбуждательный медиатор в ЦНС
- **ГАМК** (гамма-аминомасляная кислота) – основной тормозный медиатор в ЦНС
- **Глицин** - тормозный медиатор в спинном мозге
- **Ацетилхолин** – возбуждательный медиатор (в т.ч. в нервномышечной передаче) и нейромодулятор (внесинаптическое выделение медиатора)
- **Норадреналин** - нейромодулятор
- **Дофамин** - нейромодулятор
- **Серотонин** - нейромодулятор
- **Гистамин** - нейромодулятор
- Различные **пептиды** (десятки разных веществ!) - нейромодуляторы

Схема рефлекторной дуги



- нервный импульс от **рецептора** 1 передаётся по **чувствительному (афферентному) нейрону** 2 в спинной мозг. Клеточное тело 3 чувствительного нейрона расположено в спинальном ганглии вне спинного мозга. Аксон 4 чувствительного нейрона в сером веществе мозга связан посредством синапсов с одним или несколькими **вставочными нейронами** 5, которые, в свою очередь, связаны с дендритами **моторного (эфферентного) нейрона** 7. Аксон 8 последнего передаёт сигнал от вентрального корешка 9 на **эффлектор** 10 (мышцу или железу).

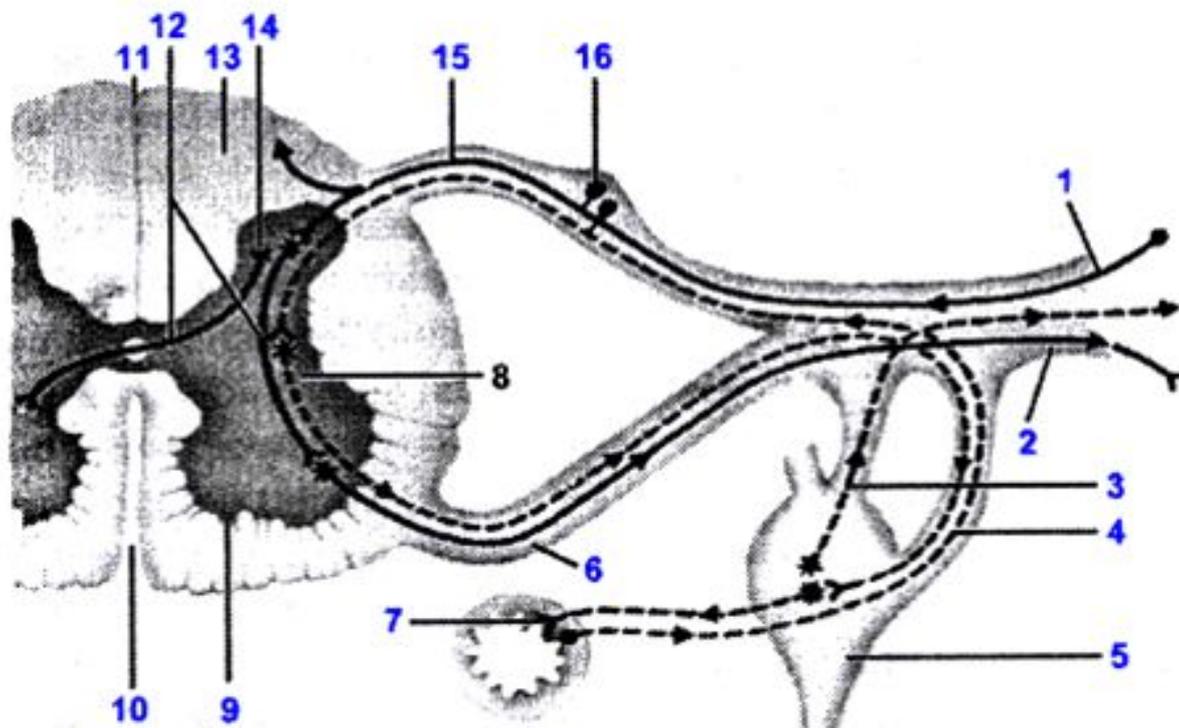


Рис. 216. Спинной мозг (поперечный разрез) и рефлекторная дуга:

- 1 – афферентное нервное волокно; 2 – эфферентное нервное волокно;
 3 – серая (соединительная) ветвь; 4 – белая (соединительная) ветвь;
 5 – узел симпатического ствола; 6 – передний корешок спинномозгового нерва; 7 – нервные окончания; 8 – латеральный (боковой) рога;
 9 – передний рог спинного мозга; 10 – передняя срединная щель;
 11 – задняя срединная борозда; 12 – вставочный нейрон; 13 – белое вещество; 14 – задний рог; 15 – задний корешок спинномозгового нерва;
 16 – спинномозговой узел; сплошной линией показана рефлекторная дуга соматической нервной системы, пунктирной – вегетативной нервной системы