

НЕРВНАЯ ТКАНЬ.

1. Морфо-функциональная характеристика;
2. Источники развития;
3. Классификация нейронов (морфологическая и функциональная);
4. Структурно-функциональная характеристика нейронов.
5. Синапсы
6. Рефлекторные дуги
7. Спинной мозг
8. Головной мозг
9. Мозжечок

НЕРВНАЯ ТКАНЬ

Нервная ткань — это система взаимосвязанных нервных клеток и нейроглии, обеспечивающих специфические функции восприятия раздражений, возбуждения, выработки импульса и передачи его. Она является основой строения органов нервной системы, обеспечивающих регуляцию всех тканей и органов, их интеграцию в организме и связь с окружающей средой.

НЕРВНАЯ ТКАНЬ



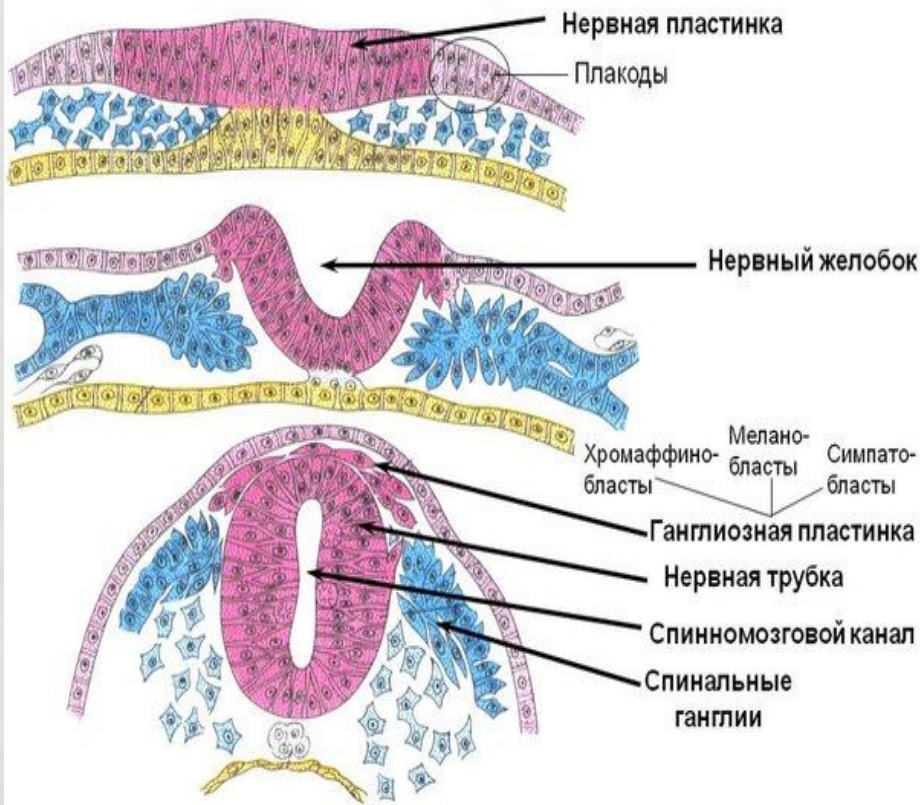
- **Нервные клетки** (нейроны, нейроциты) — основные структурные компоненты нервной ткани, выполняющие специфическую функцию.
- **Нейроглия** (neuroglia) обеспечивает существование и функционирование нервных клеток, осуществляя опорную, трофическую, разграничительную, секреторную и защитную функции.

РАЗВИТИЕ

- **Нервная ткань развивается из дорсальной эктодермы.**
- У 18-дневного эмбриона человека эктодерма формирует **нервную пластинку**, латеральные края которой образуют **нервные валики**, а между валиками формируется нервный **желобок**.
- Передний конец нервной пластинки образует головной мозг. Латеральные края образуют **нервную трубку**. Полость нервной трубки сохраняется у взрослых в виде системы желудочков головного мозга и центрального канала спинного мозга.
- Часть клеток нервной пластинки образует **нервный гребень** (ганглиозная пластинка).
- **В дальнейшем в нервной трубке дифференцируется 4 концентрических зоны:** вентрикулярная (эпендимная), субвентрикулярная, промежуточная (плащевая) и краевая (маргинальная).
-

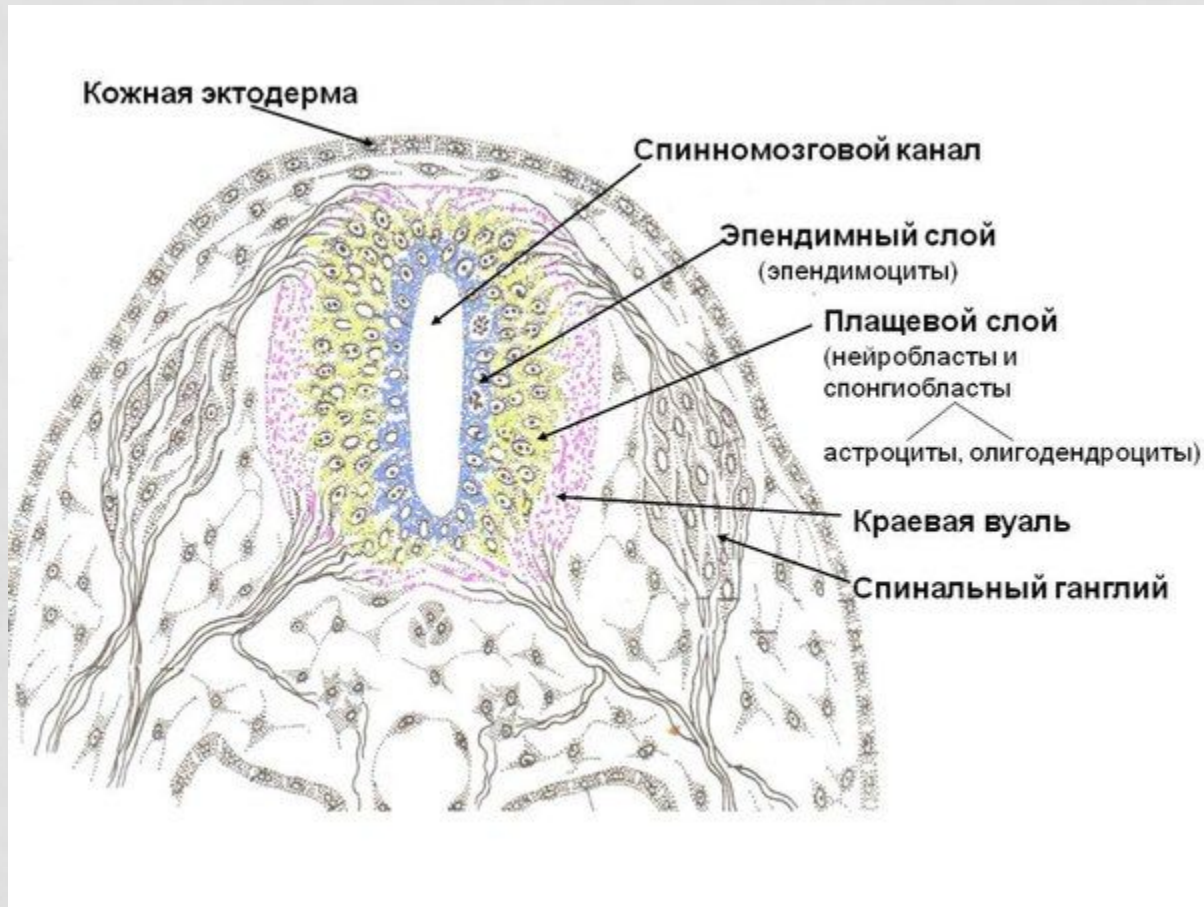
РАЗВИТИЕ

Развитие нервной ткани



- Нервная ткань развивается из дорсальной эктодермы.
- У 18-дневного эмбриона человека эктодерма формирует **нервную пластинку**, латеральные края которой образуют **нервные валики**, а между валиками формируется нервный **желобок**.
- Передний конец нервной пластинки образует головной мозг. Латеральные края образуют **нервную трубку**. Полость нервной трубки сохраняется у взрослых в виде системы желудочков головного мозга и центрального канала спинного мозга.
- Часть клеток нервной пластинки образует **нервный гребень** (ганглиозная пластинка).
- В дальнейшем в нервной трубке дифференцируется 4 концентрических зоны: вентрикулярная (эпендимная), субвентрикулярная, промежуточная (плащевая) и краевая (маргинальная).

РАЗВИТИЕ



РАЗВИТИЕ

- Эмбриональные источники развития

А. Нейроэктодерма

- Нервная пластинка
- ↓
- Нервная трубка
- ↓
- Ганглиозные пластинки -
Нервные гребни -
Нейральные плакоды
- **Б. Мезенхима**

- ДИФФЕРОННЫЙ СОСТАВ НЕРВНОЙ ТКАНИ

- Типы дифферонов
- **А. Нейрогенные диффероны:**
 - 1. Дифферон нейронов (нейроцитов)
 - 2. Дифферон макроглиоцитов
- **Б. Гематогенный дифферон**
 - Дифферон микроглиоцитов (глиальных макрофагов)
- Эмбриональный нейрогистогенез. Пути формирования дифферонов :
- **Нейроэктодерма** → Стволовые нейроэктодермальные клетки (СНЭК) →↑
- 1) Нейробласты → **Нейроны** (Нейроциты)
- 2) Глиобласты → **Макроглиоциты** (Спонгиобласты)
-
- **Мезенхима:**
 - **Стволовые** → клетки (крови (СКК) → **Моноцитарный** гемопоэтический (ряд клеток) → **Микроглиоциты**
-

НЕЙРОНЫ.

- Специализированные клетки нервной системы, ответственные за рецепцию, обработку стимулов, проведение импульса и влияние на другие нейроны, мышечные или секреторные клетки.
- **Нейроны** выделяют **нейромедиаторы** и другие вещества, **передающие информацию**.
- Нейрон является морфологически и функционально самостоятельной единицей, но с помощью своих отростков осуществляет **синаптический контакт** с другими нейронами, образуя **рефлекторные дуги** — звенья цепи, из которой построена нервная система.



Нейроны

Нейроны состоят из тела (перикариона) и отростков, среди которых выделяют дендриты и аксон (нейрит).

Дендритов может быть множество, аксон всегда один.

Нейрон как любая клетка состоит из 3 компонентов:

ядра,
цитоплазмы и
цитолеммы.

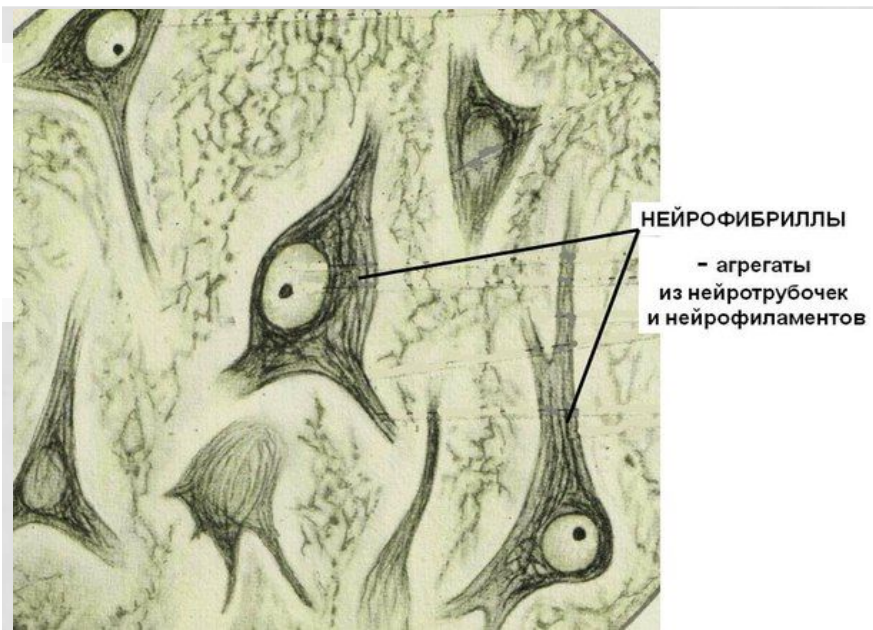
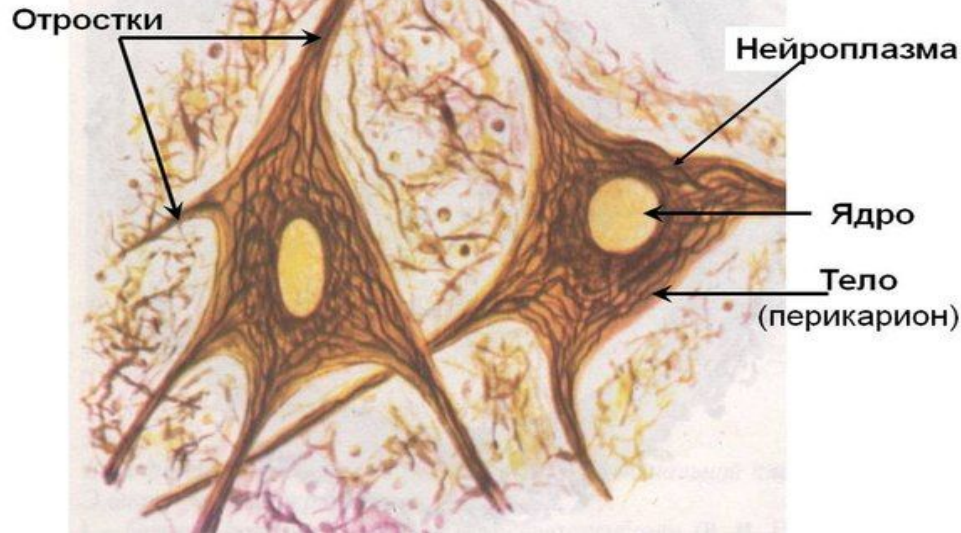
Основной объём клетки приходится на отростки.

Ядро занимает центральное положение в перикарионе. В ядре хорошо развито одно или несколько ядрышек.

Плазмолемма принимает участие в рецепции, генерации и проведении нервного импульса.

Цитоплазма нейрона имеет различное строение в перикарионе и в отростках.

Строение нейрона



В цитоплазме перикариона находятся хорошо развитые органеллы: ЭПС, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы.

Из элементов цитоскелета в цитоплазме нейронов присутствуют нейрофиламенты и нейротубулы. Пучки нейрофиламентов на препаратах, импрегнированных серебром, видны в виде нитей — нейрофибрилл
Специфичными для нейрона структурами цитоплазмы на светооптическом уровне являются хромотофильное вещество цитоплазмы и нейрофибриллы

ТИГРОИДНОЕ ВЕЩЕСТВО

Хроматофильное вещество цитоплазмы (субстанция Ниссля, тигроид, базофильное вещество) проявляется при окрашивании нервных клеток основными красителями (метиленовым синим, толуидиновым синим, гематоксилином и т.д.) в виде зернистости – это скопления цистерн грЭПС.

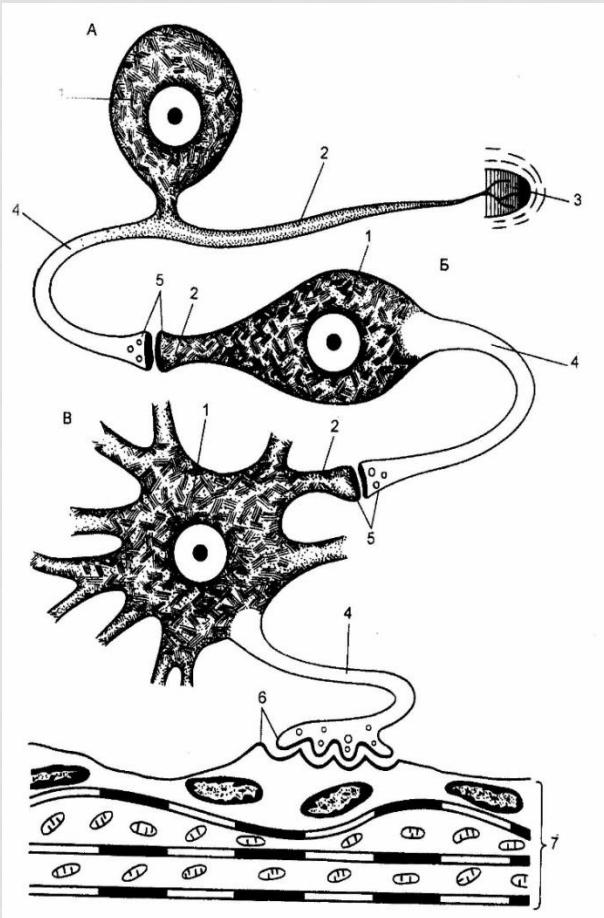
Эти органеллы **отсутствуют в аксоне** и в **аксонном холмике**, но имеются в начальных сегментах дендритов.

Процесс разрушения или распада **глыбок базофильного вещества** называется **тигролизом** и наблюдается при реактивных изменениях нейронов (например, при их повреждении) или при их дегенерации.

Нейрофибриллы – это цитоскелет, состоящий из нейрофиламентов и нейротубул, формирующих каркас нервной клетки.



КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОНОВ



Функциональная

Чувствительные (рецепторные, сенсорные, афферентные, афферентные) – на дендрите располагается рецептор, воспринимают раздражение и преобразуют его в нервный импульс;

Двигательные (моторные, рабочие, эфферентные, эфферентные) – аксон контактирует с рабочим органом через эффектор, передают импульс на рабочий орган;

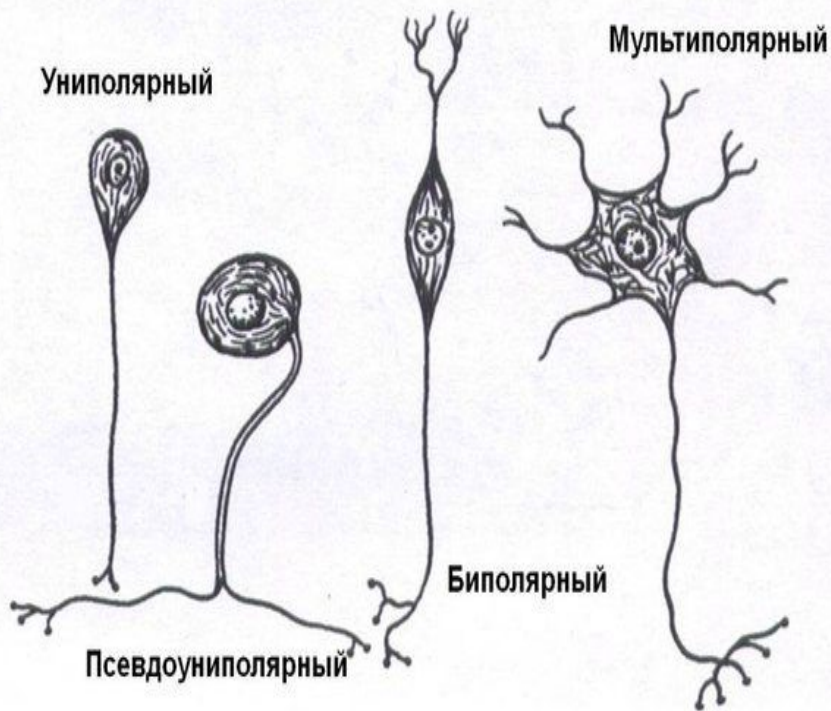
Вставочные (ассоциативные) – передают импульс с нейрона на нейрон. В одной рефлекторной дуге может быть до нескольких тысяч вставочных нейронов.

Нервный импульс по нейрону проходит только в одном направлении: **дендрит** □

тело □ **аксон**

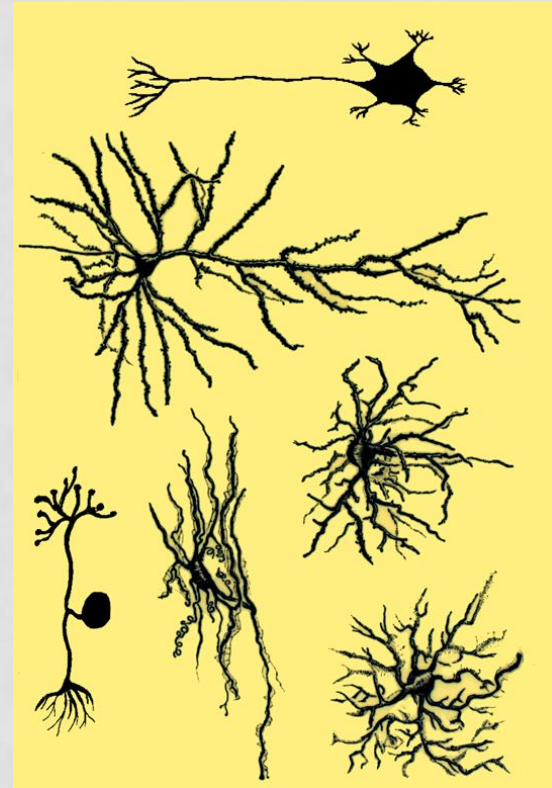
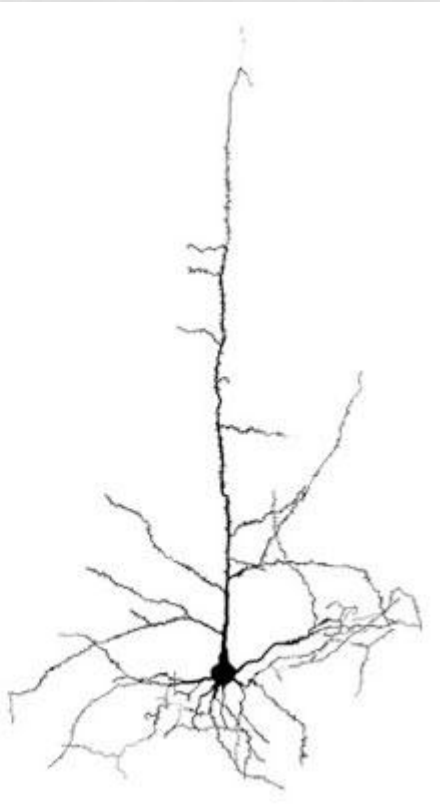
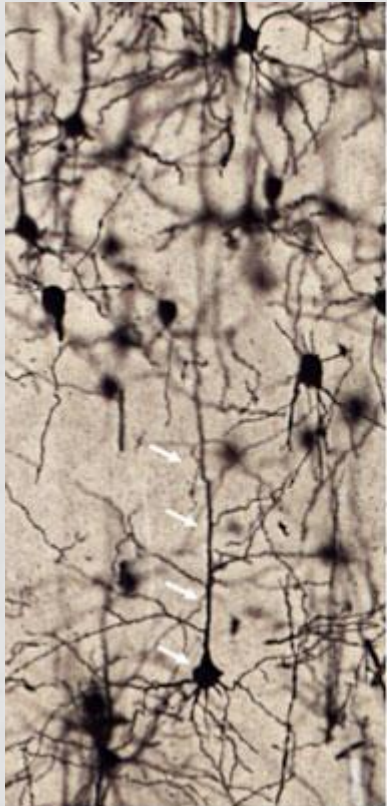
КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОНОВ

Классификация нейронов по количеству отростков

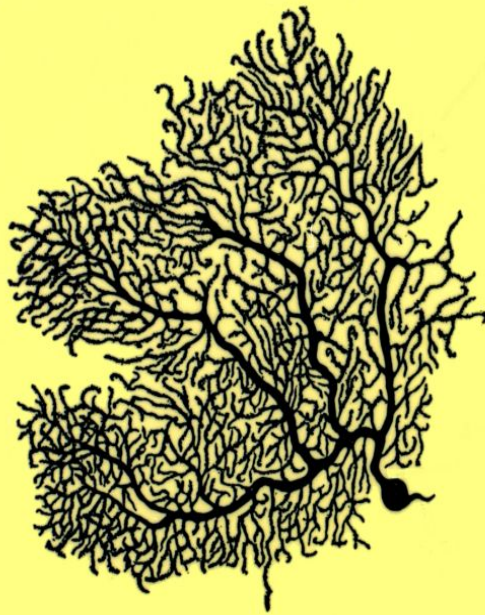


- **Нейроны состоят из тела и отростков:** аксона и различного числа ветвящихся дендритов. По количеству отростков различают:
- **униполярные нейроны**, имеющие только аксон;
- **биполярные**, имеющие аксон и один дендрит;
- **мультиполярные**, имеющие аксон и много дендритов.
- Иногда среди биполярных нейронов встречается псевдоуниполярный, от тела которого отходит один общий вырост — отросток, разделяющийся затем на дендрит и аксон.
- **Псевдоуниполярные нейроны** присутствуют в **спинальных ганглиях**, биполярные — в **органах чувств**. Большинство нейронов **мультиполярные**. Их формы чрезвычайно разнообразны.

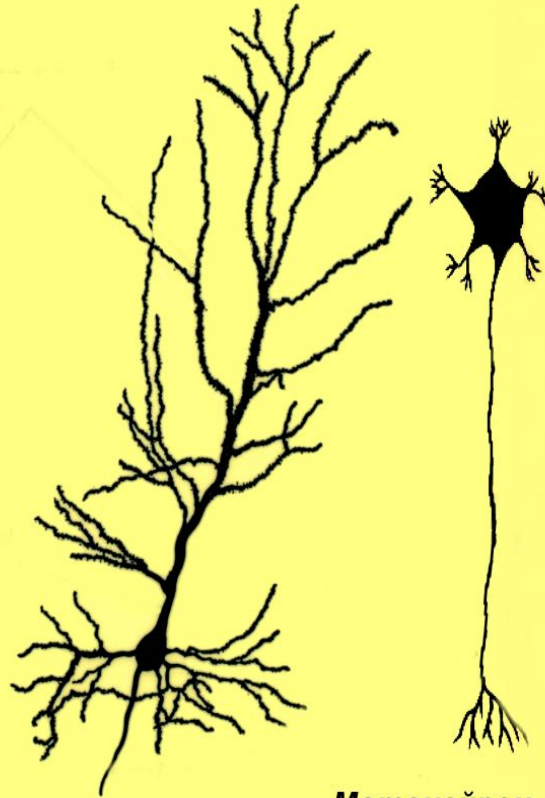
МОРФОЛОГИЯ НЕЙРОНА I



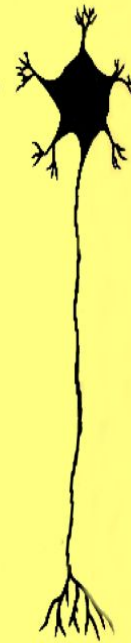
МОРФОЛОГИЯ НЕЙРОНА II



Клетка Пуркинье

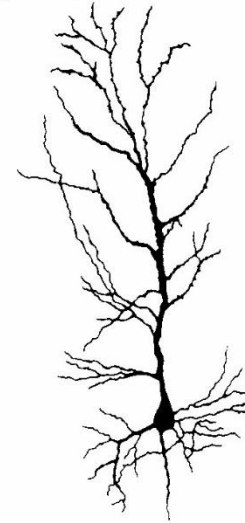


Пирамидальная клетка

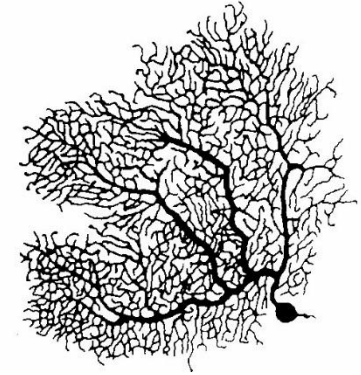


Мотонейрон
спинного мозга

пирамидная клетка



клетка Пуркинье



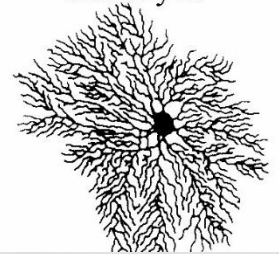
большая клетка
ретикулярной формации

двойная пирамида
гиппокампа

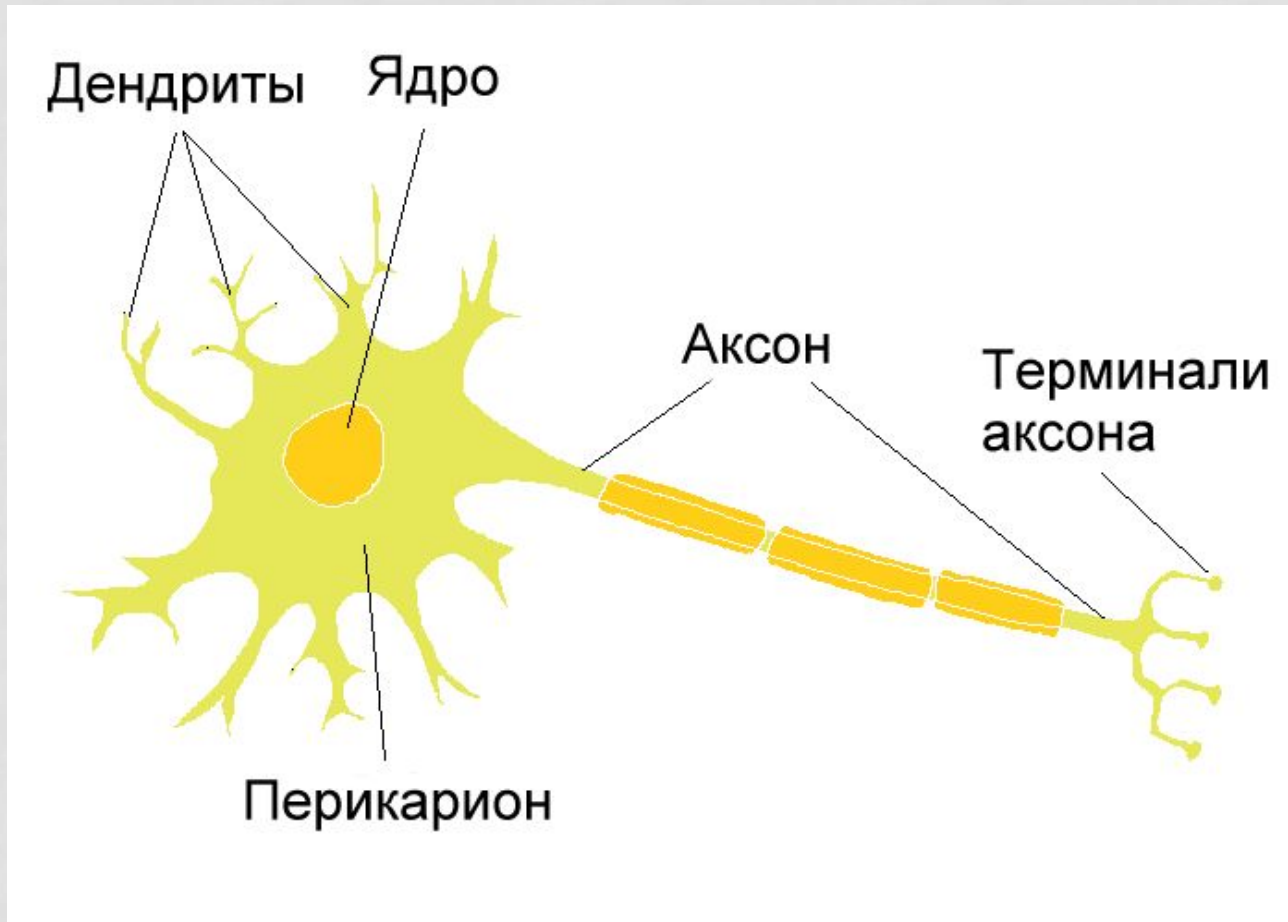


клетка-зерно

нейрон
таламуса



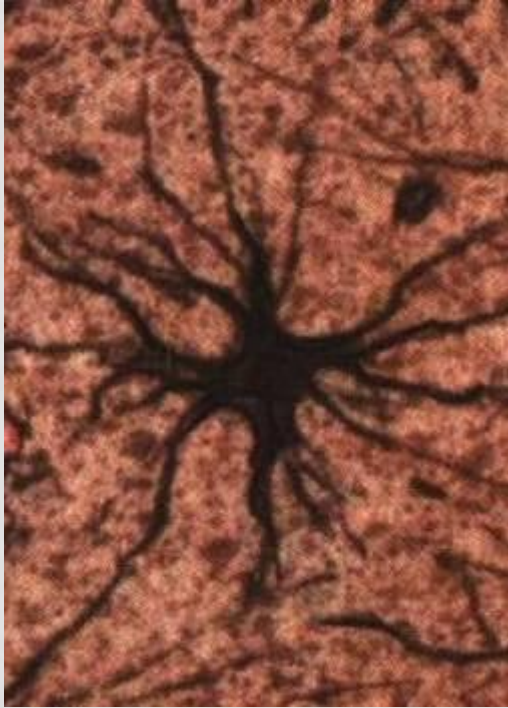
МОРФОЛОГИЯ НЕЙРОНА III



Классификация клеток нервной ткани

Типичные нейроны	Нейросекреторные клетки	Нейроглия	
		Астроциты	Плазматические
			Волокнистые
		Эпендимоциты	
		Олигодендроциты	
		Микроглия	

ГЛИОЦИТЫ (НЕЙРОГЛИЯ)



- Не проводят нервный импульс.

- **Функции:**

- **опорная** – поддержание тела и отростки нейронов, обеспечивая их надлежащее взаиморасположение – подмена межклеточного вещества.

- **изоляционная** – изолируют тела и отростки нервных клеток друг от друга,

- **трофическая** – касаются отростками стенок капилляров и передают питательные вещества нервной клетке

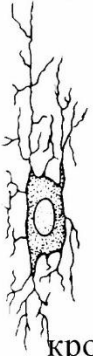
- **поддержание гомеостаза нервной ткани,**

- **защитная** – образуют оболочки поверх отростков,

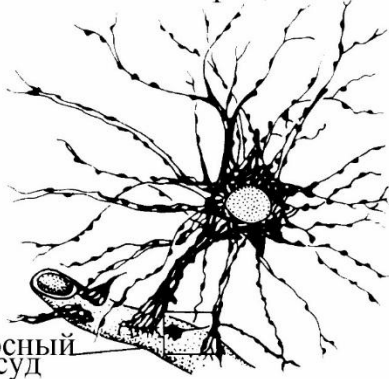
- **секреторная** – часть глиоцитов секретируют ликвор.

ВИДЫ ГЛИОЦИТОВ

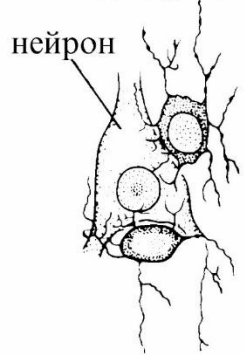
олигодендроцит
в белом веществе



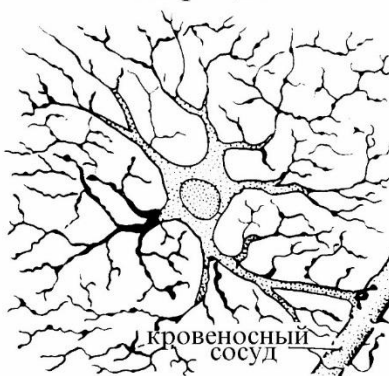
фиброзный
астроцит



периневральный
олигодендроцит



протоплазматический
астроцит



Использование методов импрегнации серебром и золотом по методу Рамон-и-Кахала и дель Рио-Ортега позволило подразделить нейроглиальные клетки на три группы:

- олигодендроциты;
- астроциты;
- микроглиальные клетки

Макроглия

Серое вещество

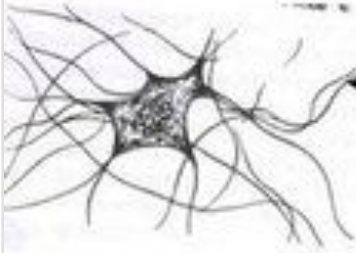


← Эпендимоциты →

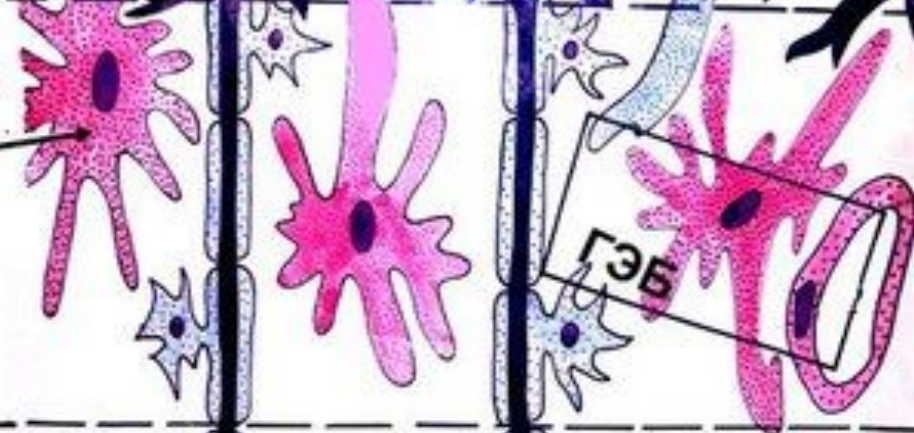
Плазматические
астроциты



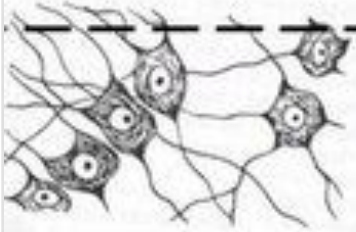
Белое вещество



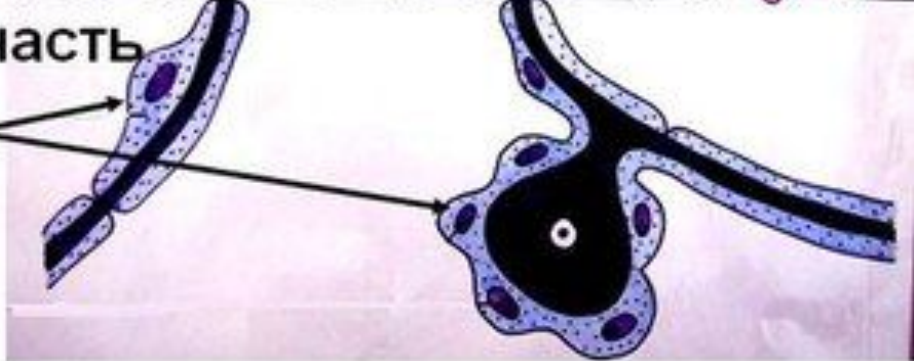
← Волокнистые
астроциты



Периферическая часть



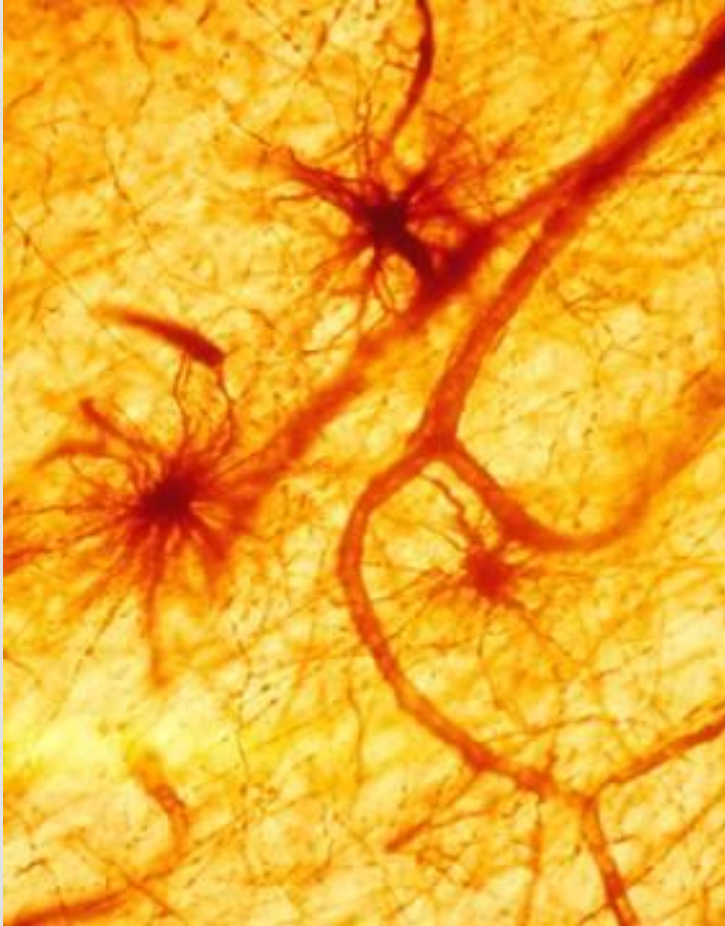
← Олигодендроциты



Микроглия

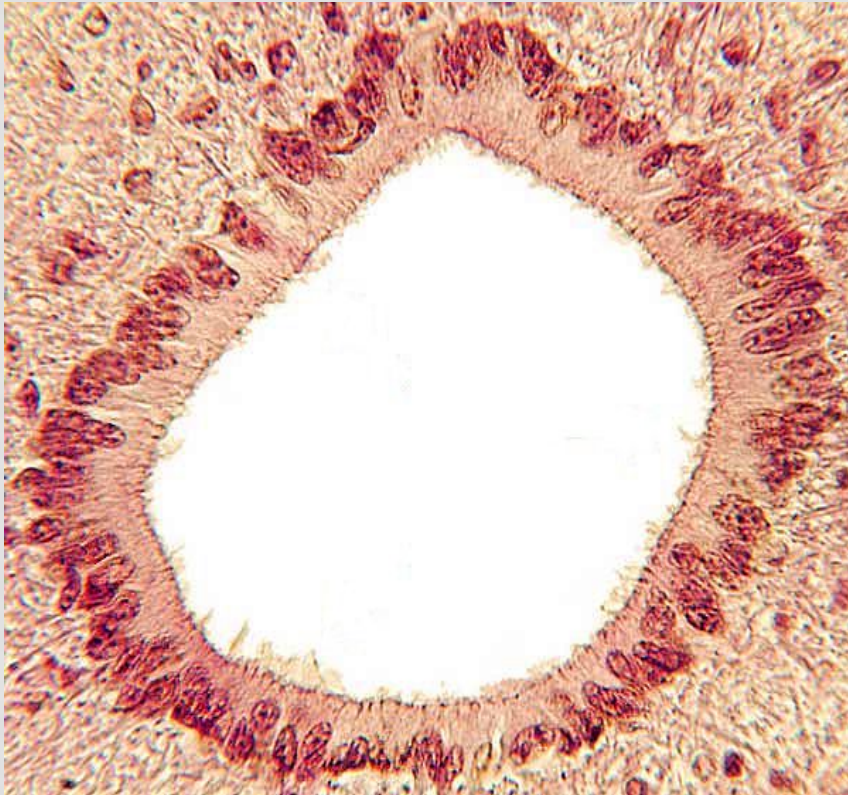


ВОЛОКНИСТЫЕ АСТРОЦИТЫ



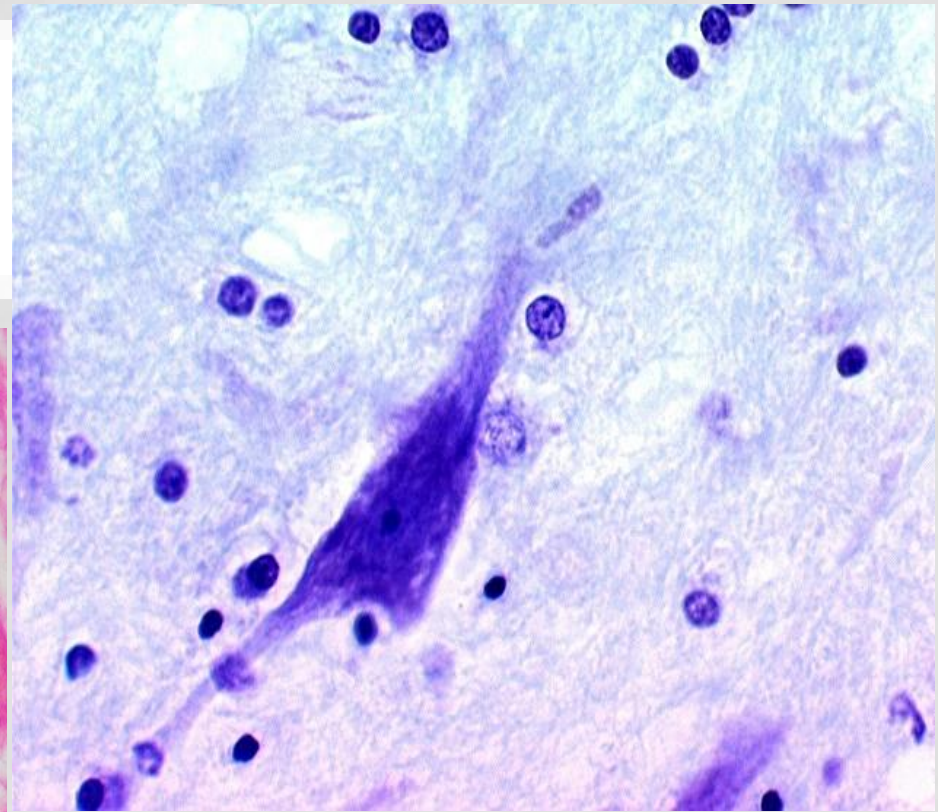
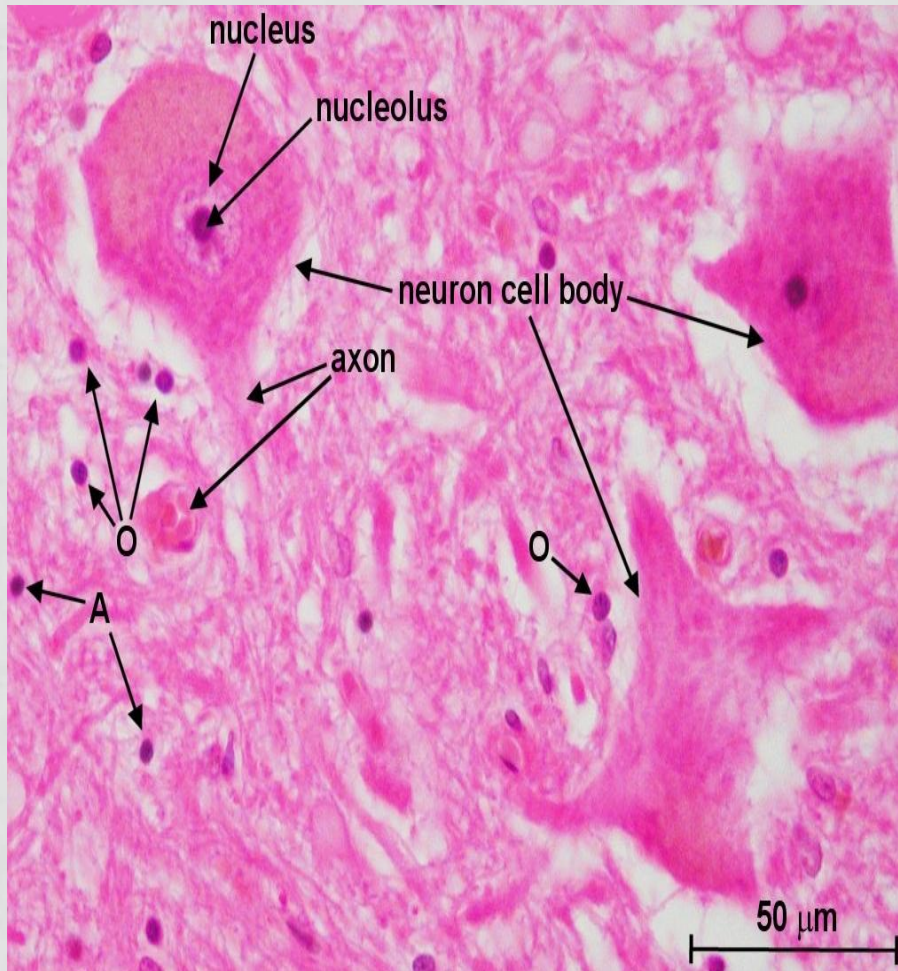
- **АСТРОЦИТЫ** – присутствуют во всех отделах НС. Крупные к-ки со светлыми ядрами, небольшим количеством органоидов. Отростки к-ок расширяются на концах и распластаются на поверхности капилляров – это астроцитарная ножка, такие ножки образуют полную обертку вокруг капилляров.
- **Бывают 2-х видов: волокнистые астроциты** – длинные тонкие, слабоветвящиеся отростки, характерны для белого вещества и **протоплазматические** – отростки тонкие, короткие и сильно ветвящиеся, характерны для серого в-ва.

ЭПЕНДИМОЦИТЫ



- **Эпендимная глия** выстилает **центральный канал спинного мозга**. Эпендимоциты участвуют в выработке спинномозговой жидкости (ликвора). От периферического конца эпендимоцита отходит длинный отросток, входящий в состав наружной пограничной мембраны спинного мозга.
- Непосредственно **под слоем эпендимы** располагается **субэпендимальная** (перивентрикулярная) пограничная **глиальная мембрана**, образованная отростками астроцитов. Эта мембрана входит в состав т.н. гемато-ликворного барьера.

Олигодендроциты II

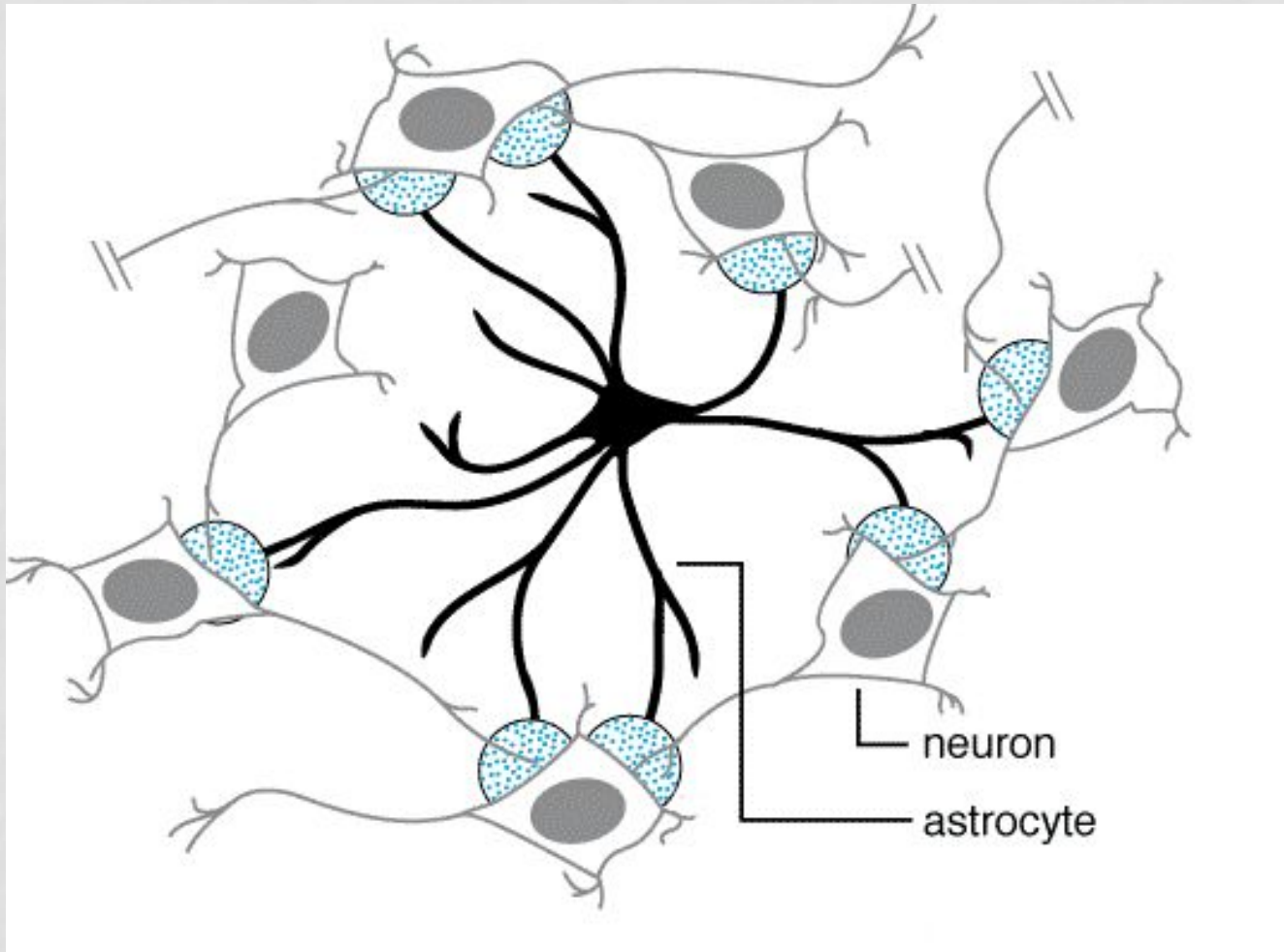


ОЛИГОДЕНДРОГЛИАЦИТЫ – относят олигодендроциты серого и белого в-ва спинного мозга, Шванновские к-ки (лемоциты), сотелиты (спутники). Хорошее развитие шероховатой ЭПС, КГ, много гликогена и липидов.

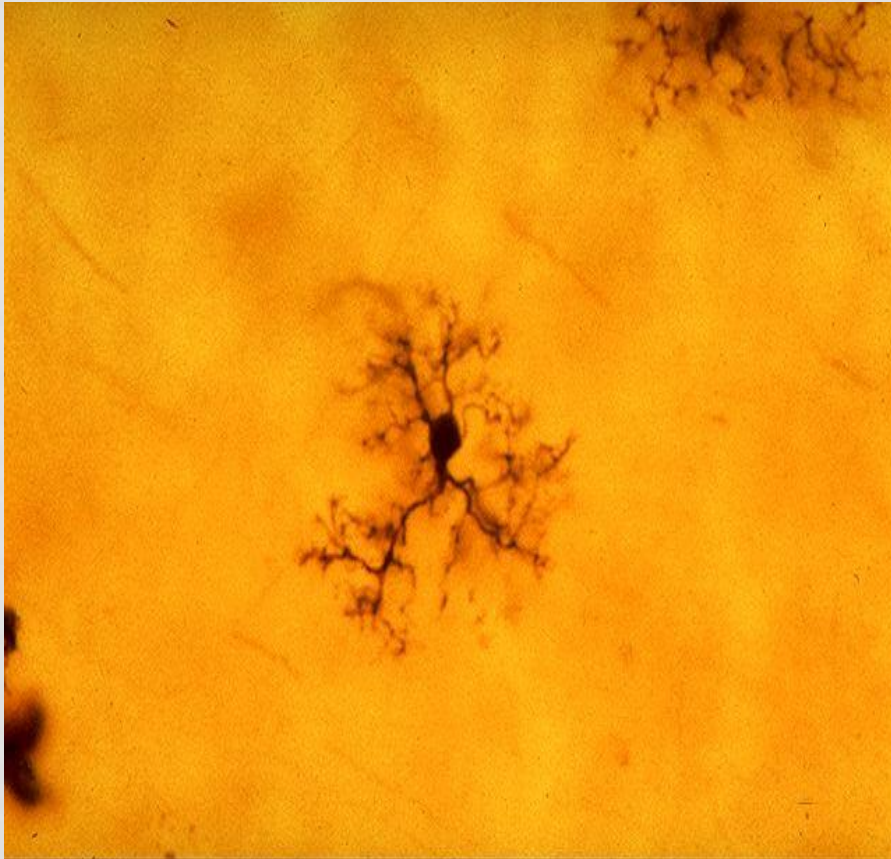
ФУНКЦИИ ГЛИ:

опорно – механическая, разграничительная (олигодендроглиациты препятствуют рассеиванию нервного импульса), трофическая – образуют гематоэнцефалический барьер.

СВЯЗЬ АСТРОЦИТОВ С НЕЙРОНАМИ

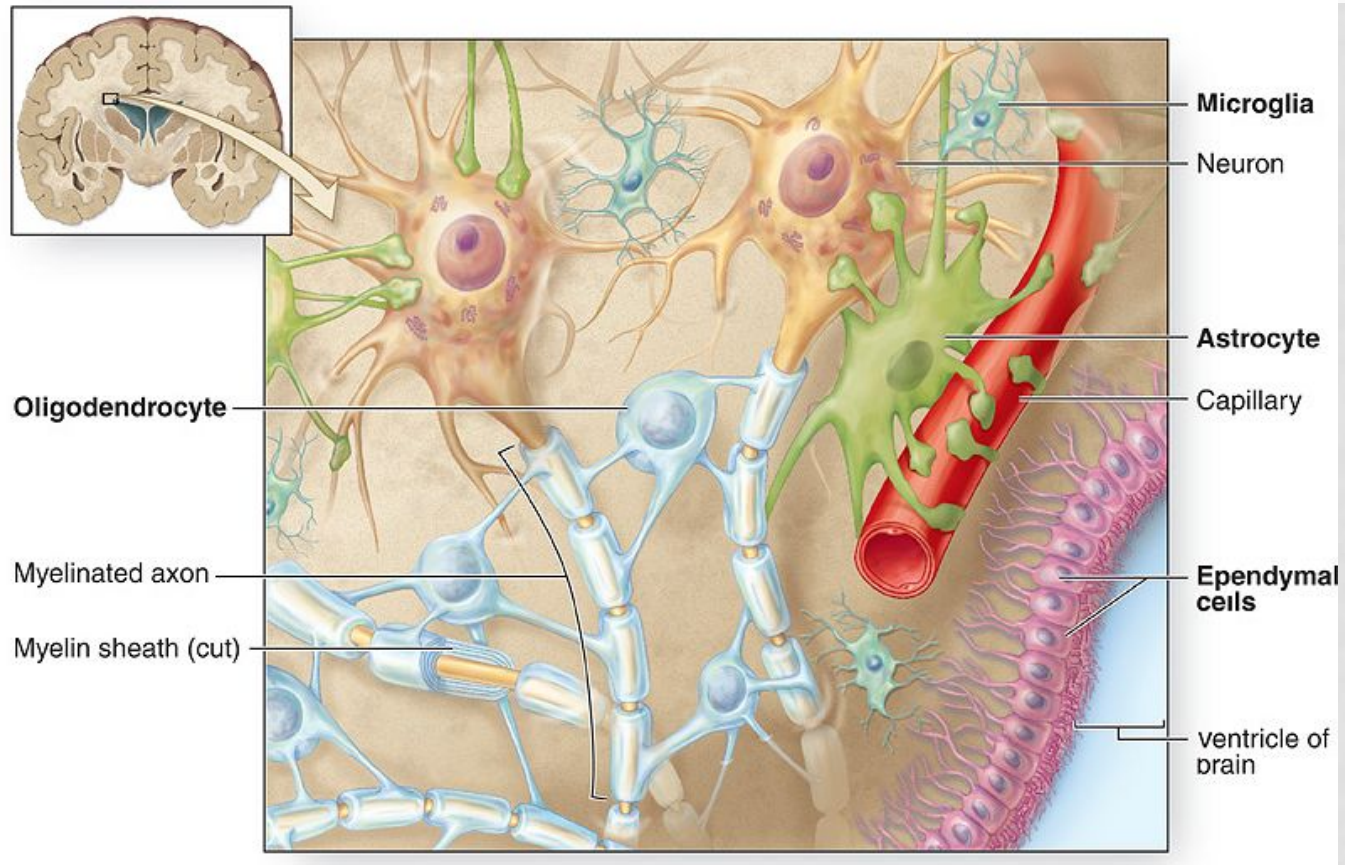


МИКРОГЛИЯ

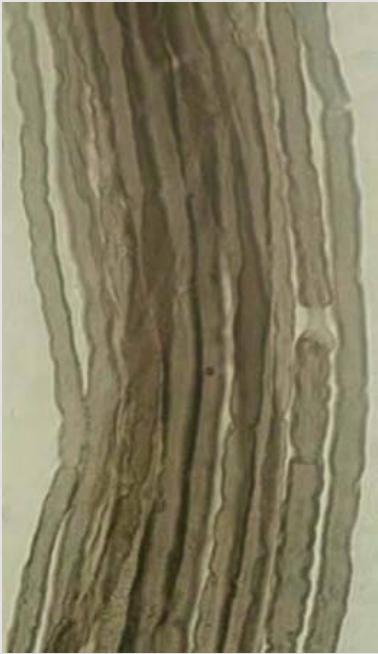


- **Развивается из мезенхимы**, относится к моноцито – макрофагальной системе. Мелкие отросчатые к-ки, разбросанные в сером и белом в-ве.
- Содержит небольшое количество клеток и делится на 3 популяции:
- **ТИПИЧНЫЕ К-КИ** – обладают слабой фагоцитарной активностью, сильно ветвятся.
- **АМЕБОИДНЫЕ** – обладают активным фагоцитозом, содержат много лизосом.
- **РЕАКТИВНАЯ** – появляется после травмы.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ НЕЙРОНОВ И ГЛИОЦИТОВ



Нервные волокна



В основе нервного волокна лежит отросток нервной клетки (чаще аксон) – осевой цилиндр.

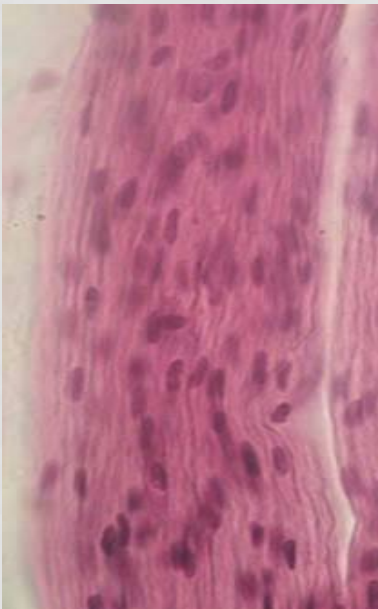
Каждое периферическое нервное волокно (отросток) одето тонким слоем глиальных клеток – *невролеммой* или *шванновской оболочкой*.

В одних случаях между нервным волокном и цитоплазмой шванновских клеток имеется значительный слой миелина; такие волокна называют *миелинизированными* или *мякотными* (1).

Волокна иного типа (обычно более мелкие) лишены миелина и называются *немиелинизированными* или *безмякотными* (2).

В крупном нервном стволе (нерве) содержатся как миелинизированные, так и немиелинизированные волокна.

Нервные волокна объединяются в пучки, затем в нервы (кабельного типа).

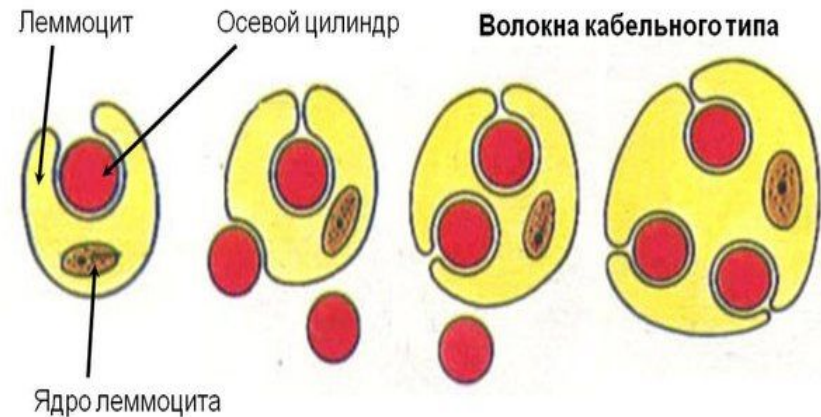


СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОЕНИЯ МИЕЛИНОВЫХ И БЕЗМИЕЛИНОВЫХ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН. СТРУКТУРНЫЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ К ДРУГИМ НЕРВНЫМ КЛЕТКАМ И МЫШЕЧНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ

Безмиелиновые нервные волокна находятся преимущественно в составе вегетативной нервной системы.

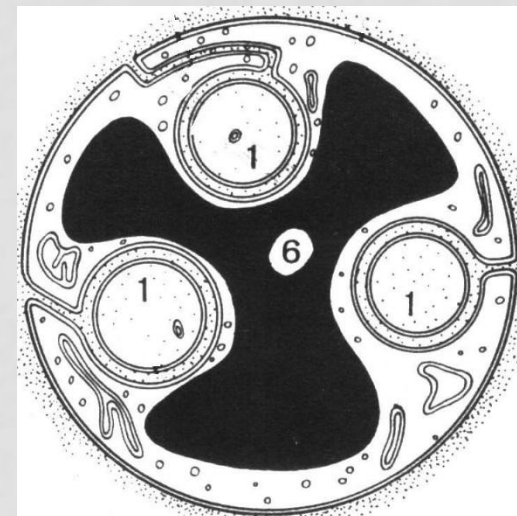
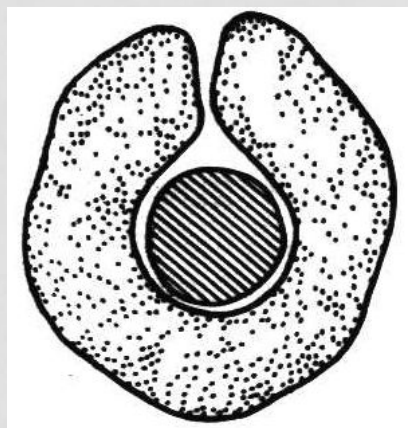
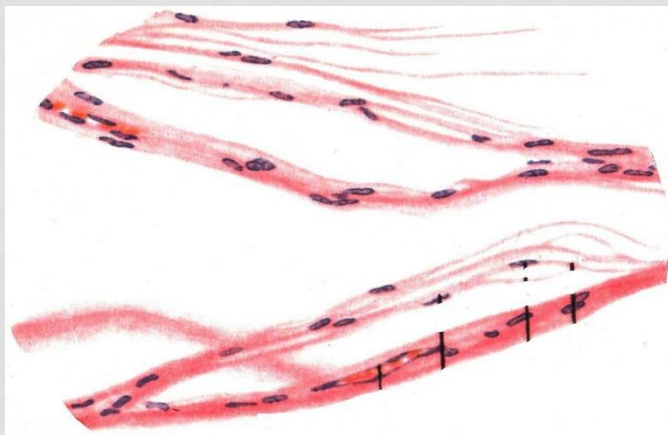
Нейролеммоциты оболочек безмиелиновых нервных волокон образуют тяжи, в которых видны овальные ядра. Волокна, содержащие несколько осевых цилиндров, называются **волокнами кабельного типа**.

Образование безмиелинового волокна

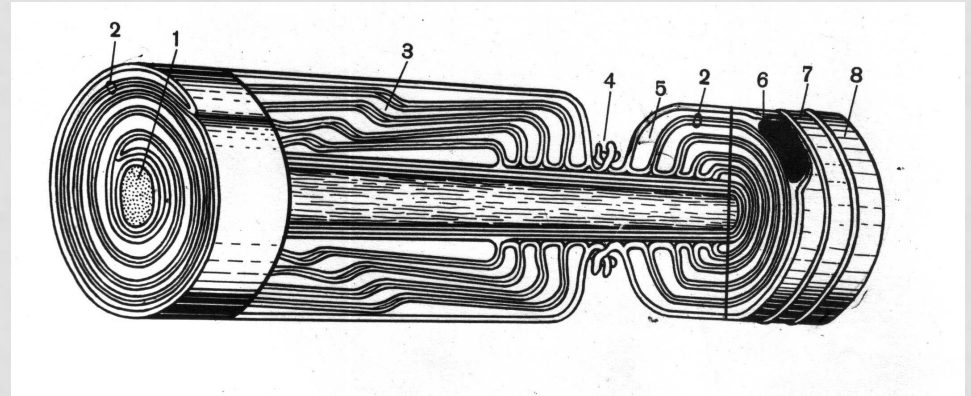
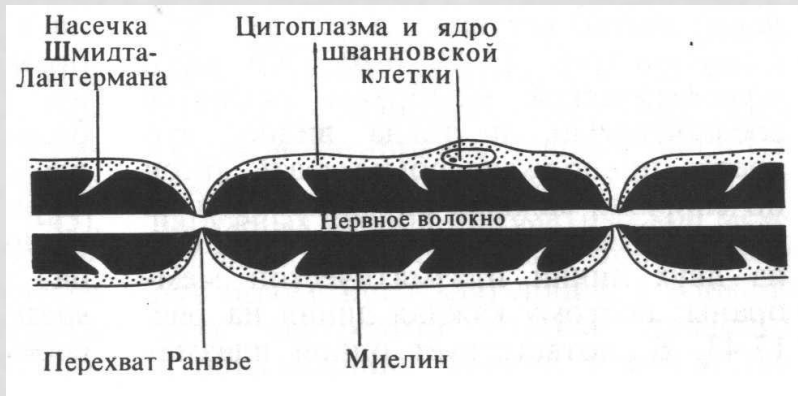


НЕМИЕЛИНИЗИРОВАННОЕ ВОЛОКНО

- Серые, не имеют миелиновой оболочки.
- Защищены шванновскими клетками: пучки волокон расположены так, что каждое волокно проходит в желобке; оно как бы вдавлено в цитоплазму шванновской клетки.
- На любом уровне вдоль нерва можно видеть, что каждая шванновская клетка защищает таким образом от 5 до 20 волокон.
- Некоторые афферентные и вегетативные нервные волокна.
- Изоляция не очень совершенная.
- Скорость проведения импульса 1м/сек.



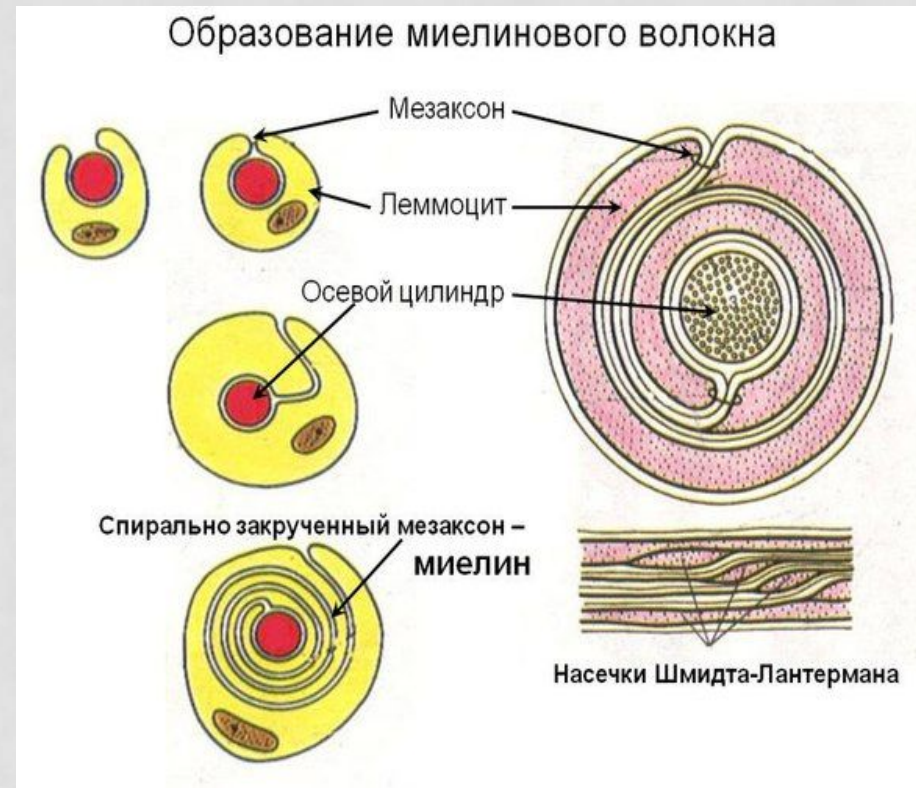
Миелинизированное волокно



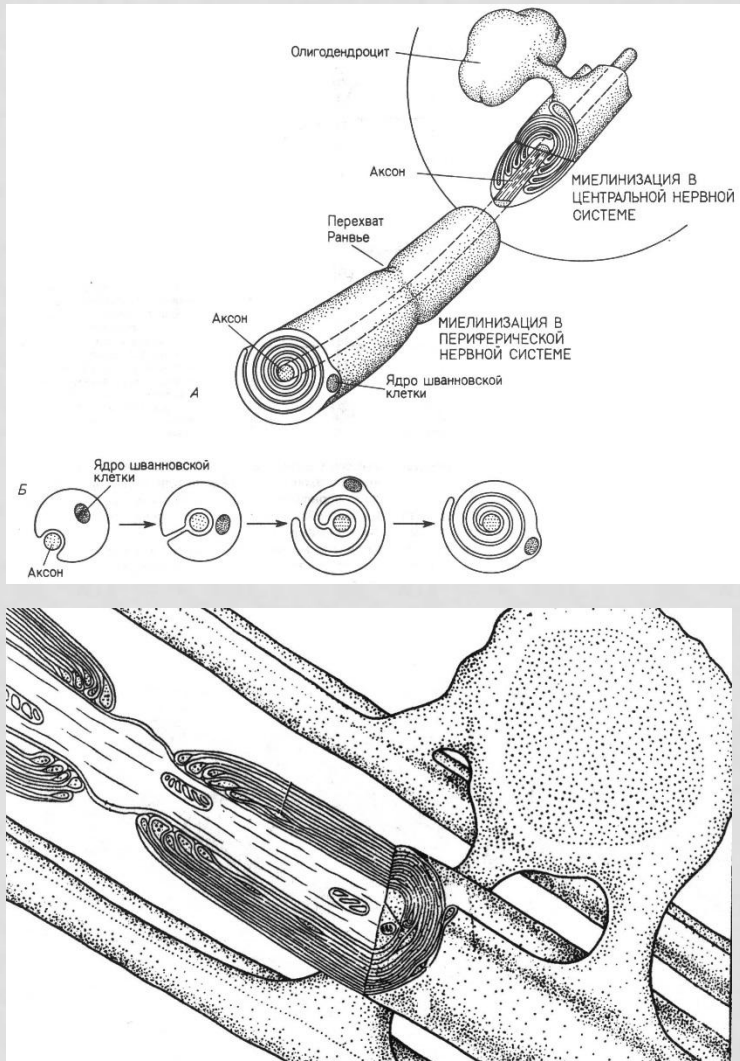
- Миелин покрывает нервное волокно не сплошь, а прерывается через регулярные промежутки так называемыми перехватами Ранвье.
- В перехватах миелин отсутствует, так что отростки шванновских клеток приближаются к аксоному, не покрывая ее полностью.
- Расстояние между последовательными перехватами Ранвье варьирует от 0,3 до 1,5 мм.
- Нервные волокна разветвляются именно в перехватах Ранвье.
- Перехваты Ранвье участвуют в передаче нервных импульсов

ОБРАЗОВАНИЕ МИЕЛИНОВОГО ВОЛОКНА

- Глиоцит сначала обхватывает аксон, так что он оказывается лежащим в длинном желобке.
- Затем клетка или ее отросток начинает наматываться на аксон, участки ее плазматической мембраны по краям желобка (в котором лежит аксон) вступают в контакт друг с другом. Обе части мембраны остаются соединенными, и видно, что клетка продолжает обматывать аксон по спирали.
- Между соседними двойными кольцами сначала находится слой цитоплазмы, но по мере закручивания цитоплазма выдавливается обратно в тело клетки. По мере вращения клетки вокруг нервного волокна наружные стороны плазматической мембраны продолжают накладываться друг на друга и сливаться.
- Миелинизация начинается на 4 месяце внутриутробного развития и заканчивается к первому году жизни.



Образование миелиновой оболочки



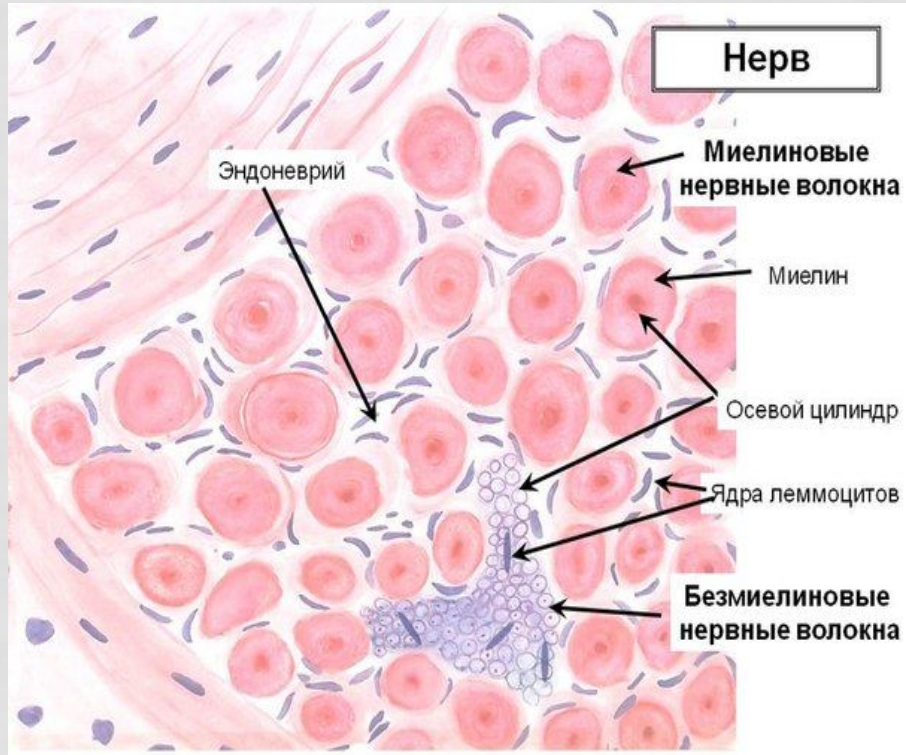
Миелинизация в центральной и периферической нервной системах идет несколько разными механизмами.

В периферической нервной системе шванновские клетки обертываются вокруг аксона;

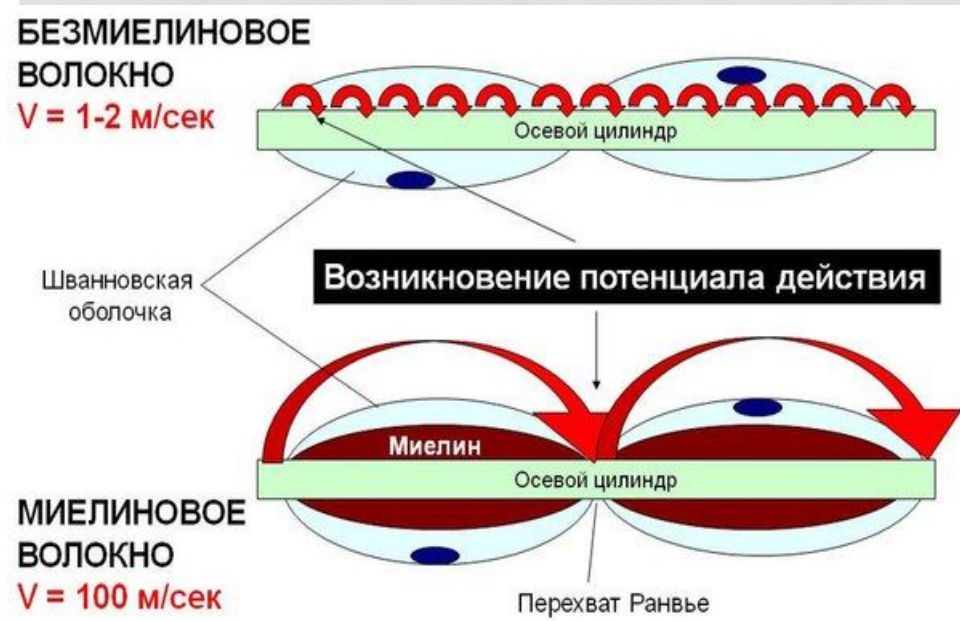
В центральной нервной системе миелинизация осуществляется с помощью отростков олигодендроцитов.

В центральной нервной системе один олигодендроцит может участвовать в образовании миелиновых оболочек нескольких аксонов.

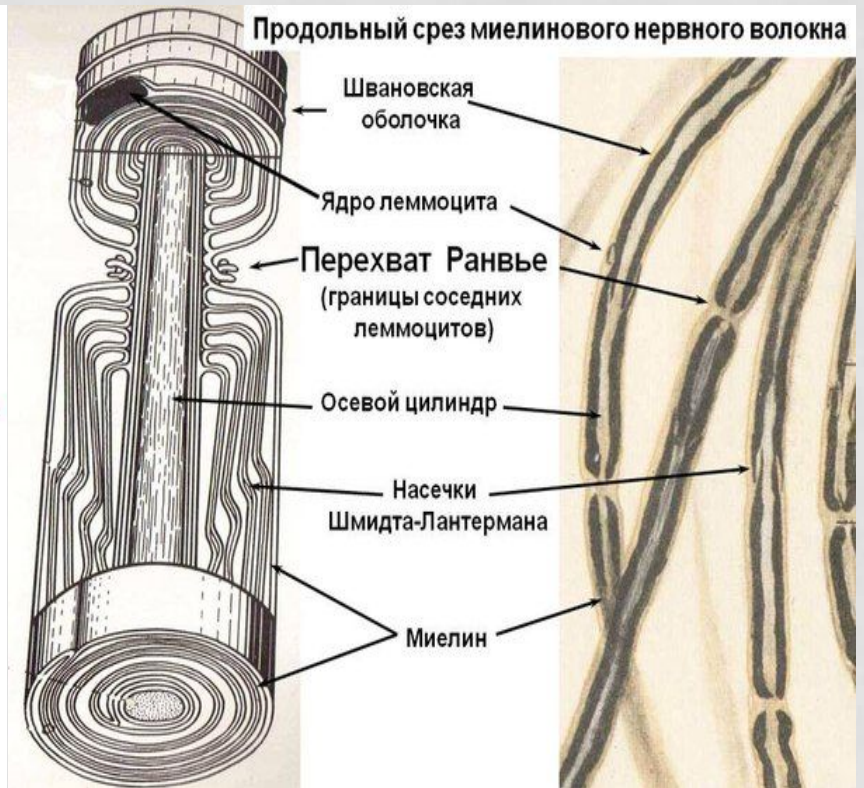
НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА



НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА



Скорость проведения импульса



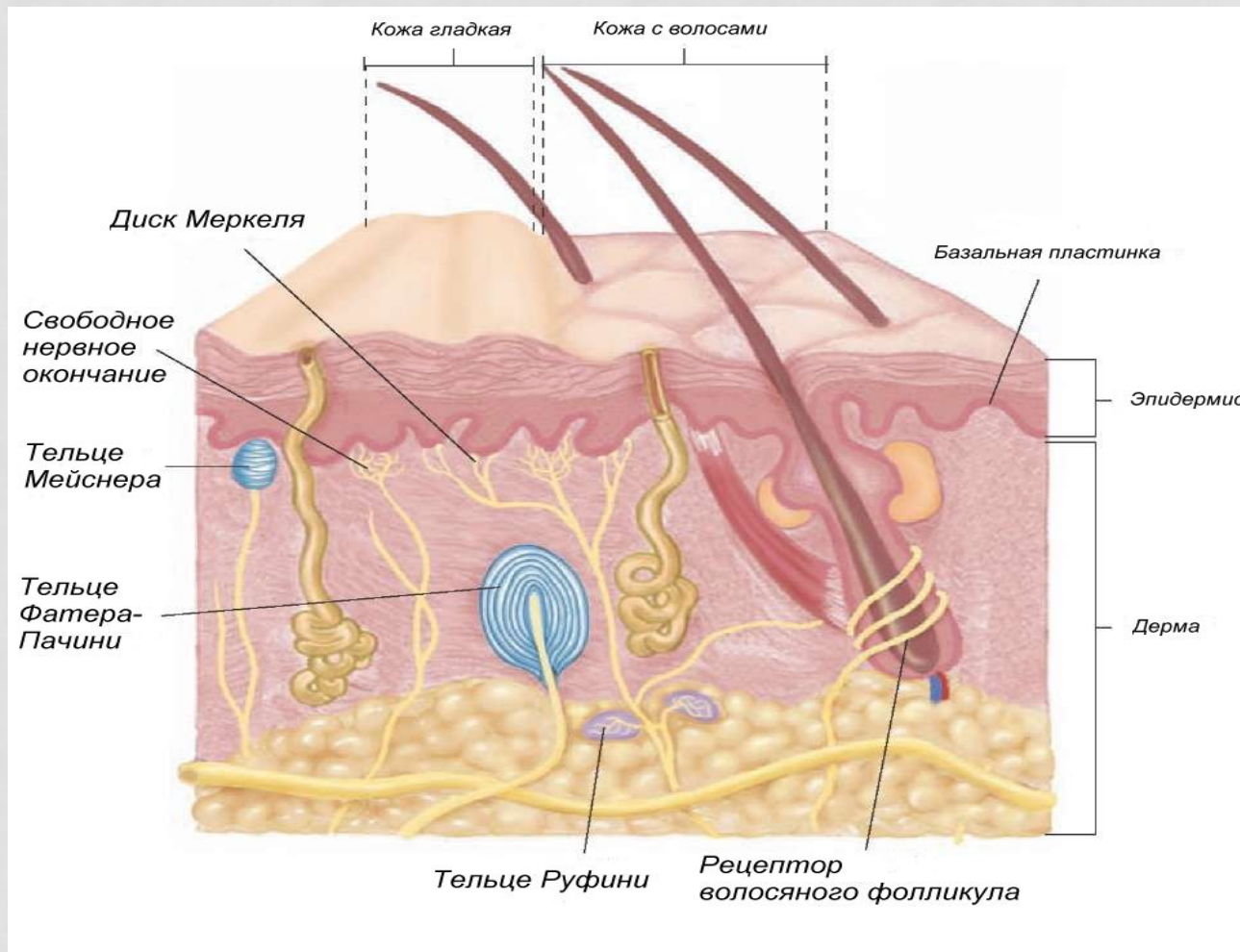
Нервные окончания



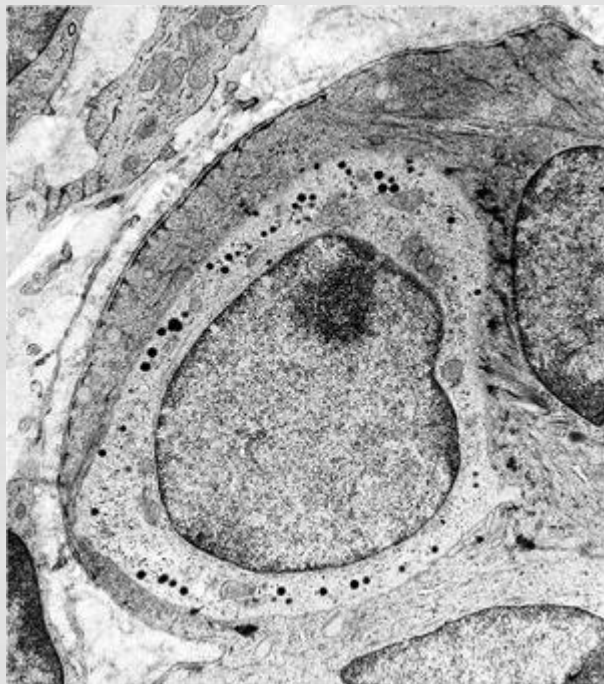
Рецепторные нервные окончания

- Чувствительные (рецепторные) нервные окончания представляют собой концевые аппараты дендритов афферентных нейронов, тела которых располагаются в спинальных, вегетативных и черепно-мозговых ганглиях.
- Они подразделяются на **интерорецепторы**, которые воспринимают информацию от внутренних органов, и **экстерорецепторы**, получающие информацию из внешней среды.
- Морфологически нейрорецепторы подразделяют на **свободные** и **несвободные**. Свободные рецепторы являются окончаниями дендритов. Они обладают низкой специфичностью, воспринимая холод, тепло и боль. Несвободные рецепторы представляют собой отдельный микроорган, состоящий из дендрита и глиальных клеток.
- По наличию соединительнотканной оболочки их подразделяют на **инкапсулированные** и **неинкапсулированные**

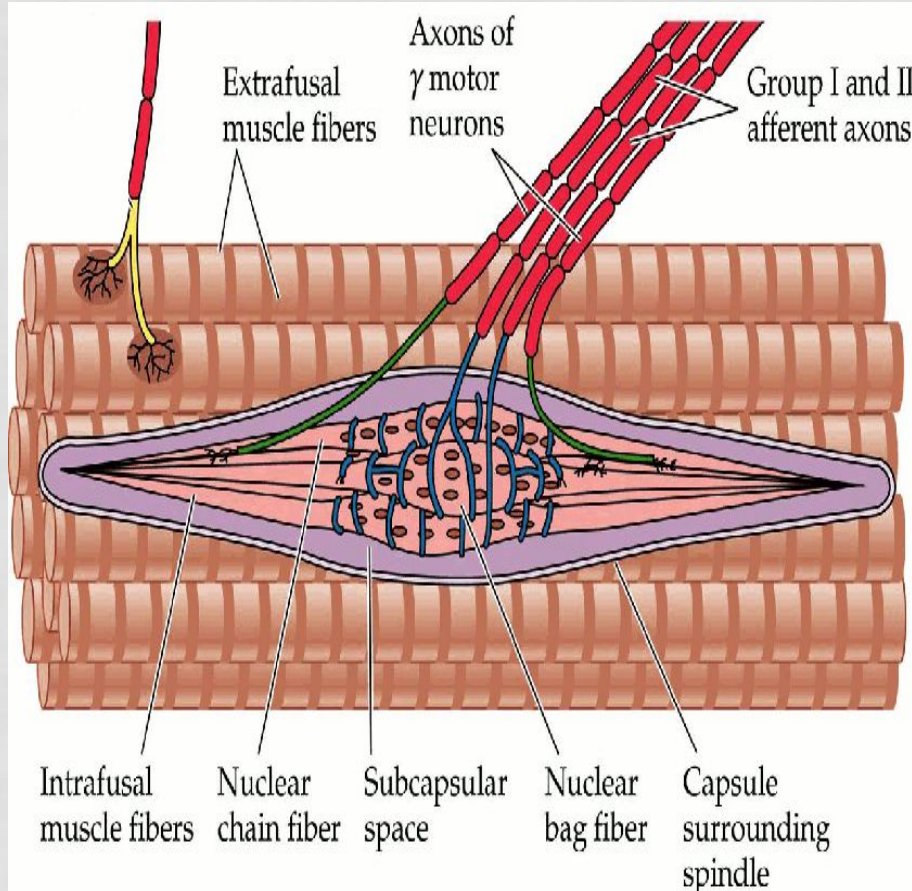
Рецепторные окончания кожи



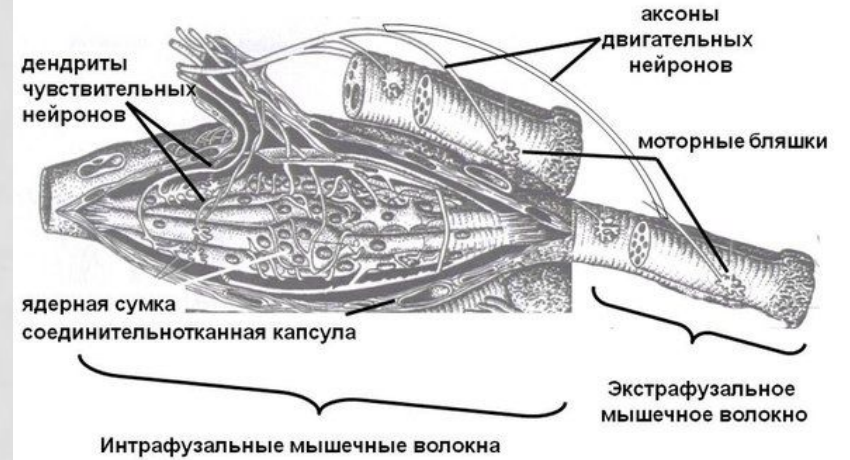
Клетка Меркеля (осязательный мениск)



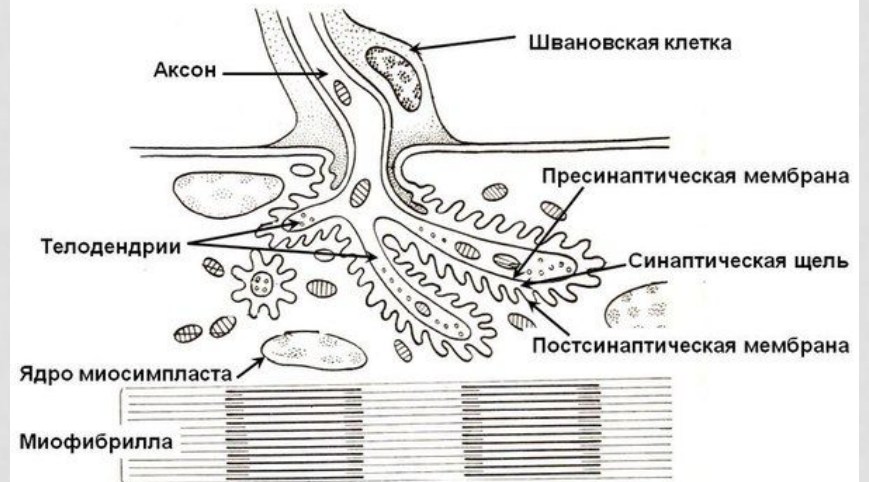
Нервно-мышечное веретено



Нервно-мышечное веретено



Нервно-мышечный синапс



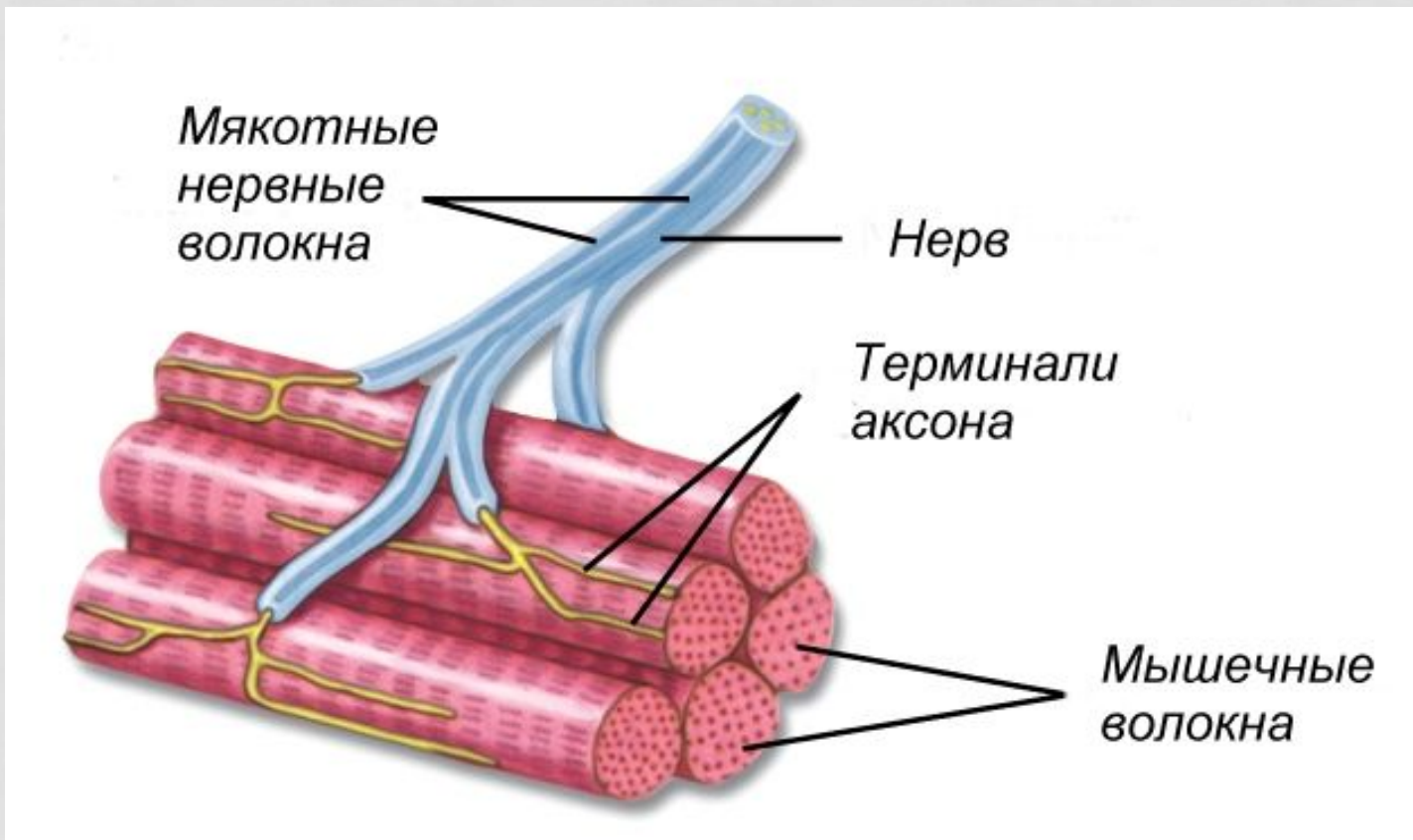
Эффекторные нервные окончания

Эффекторные (двигательные) нервные окончания, или **нейроорганные синапсы**, имеются во всех тканях, обеспечивая передачу управляющего сигнала от нервной системы на орган.

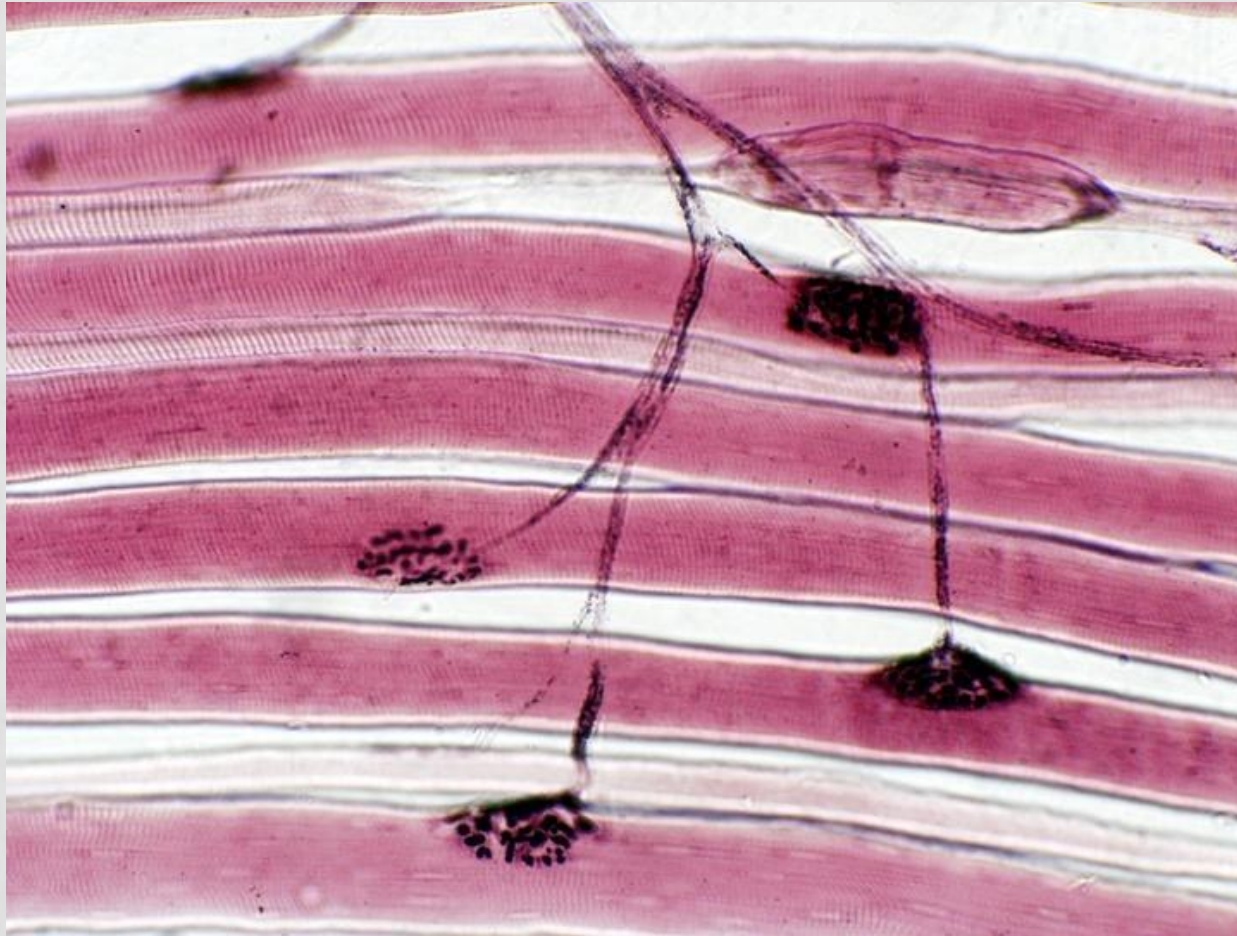
Среди них наиболее распространены **нервно-мышечные синапсы**, или **моторные бляшки**.

Они образованы аксонами мотонейронов передних рогов спинного мозга или аксонами эфферентных нейронов вегетативной нервной системы

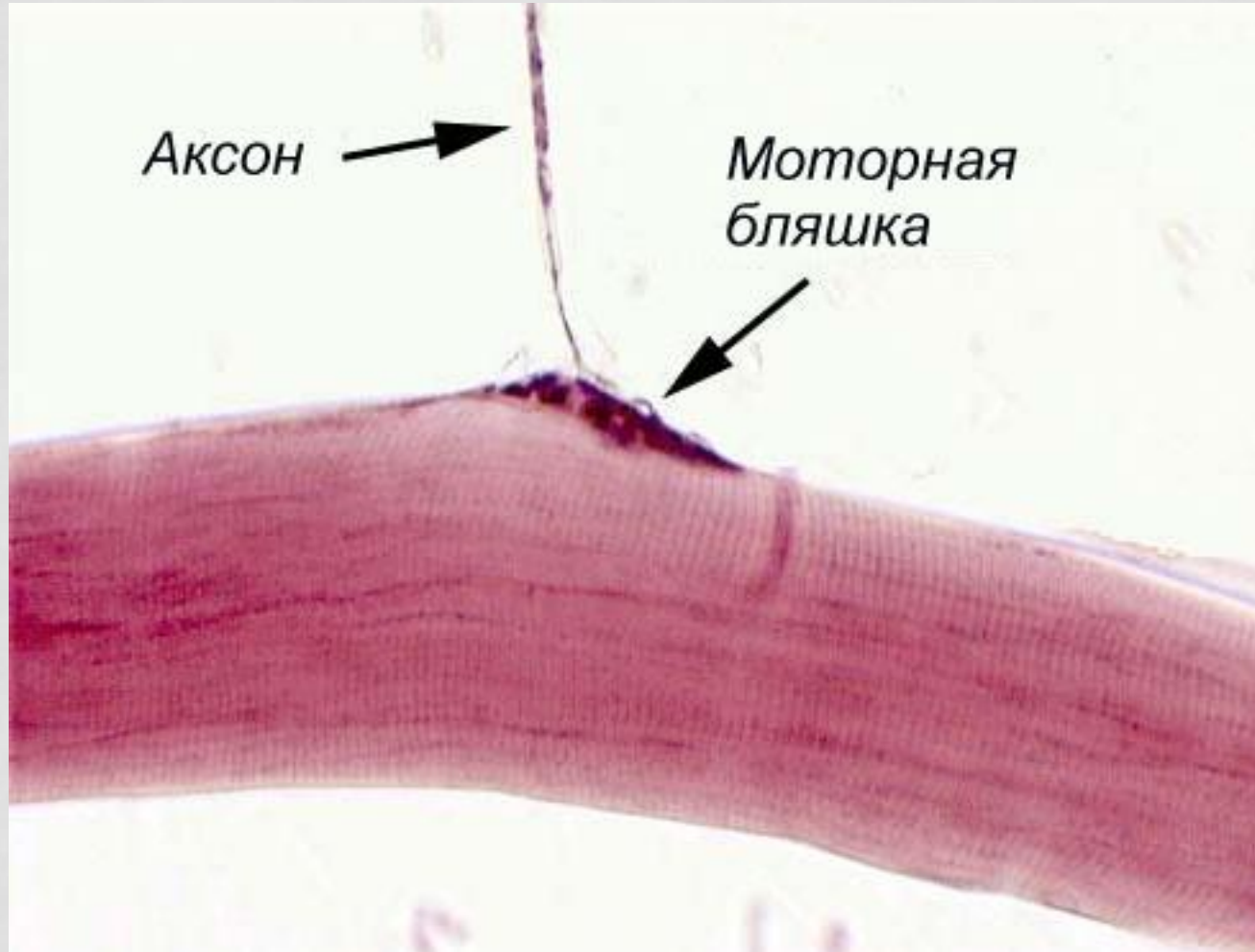
Иннервация скелетной мускулатуры I



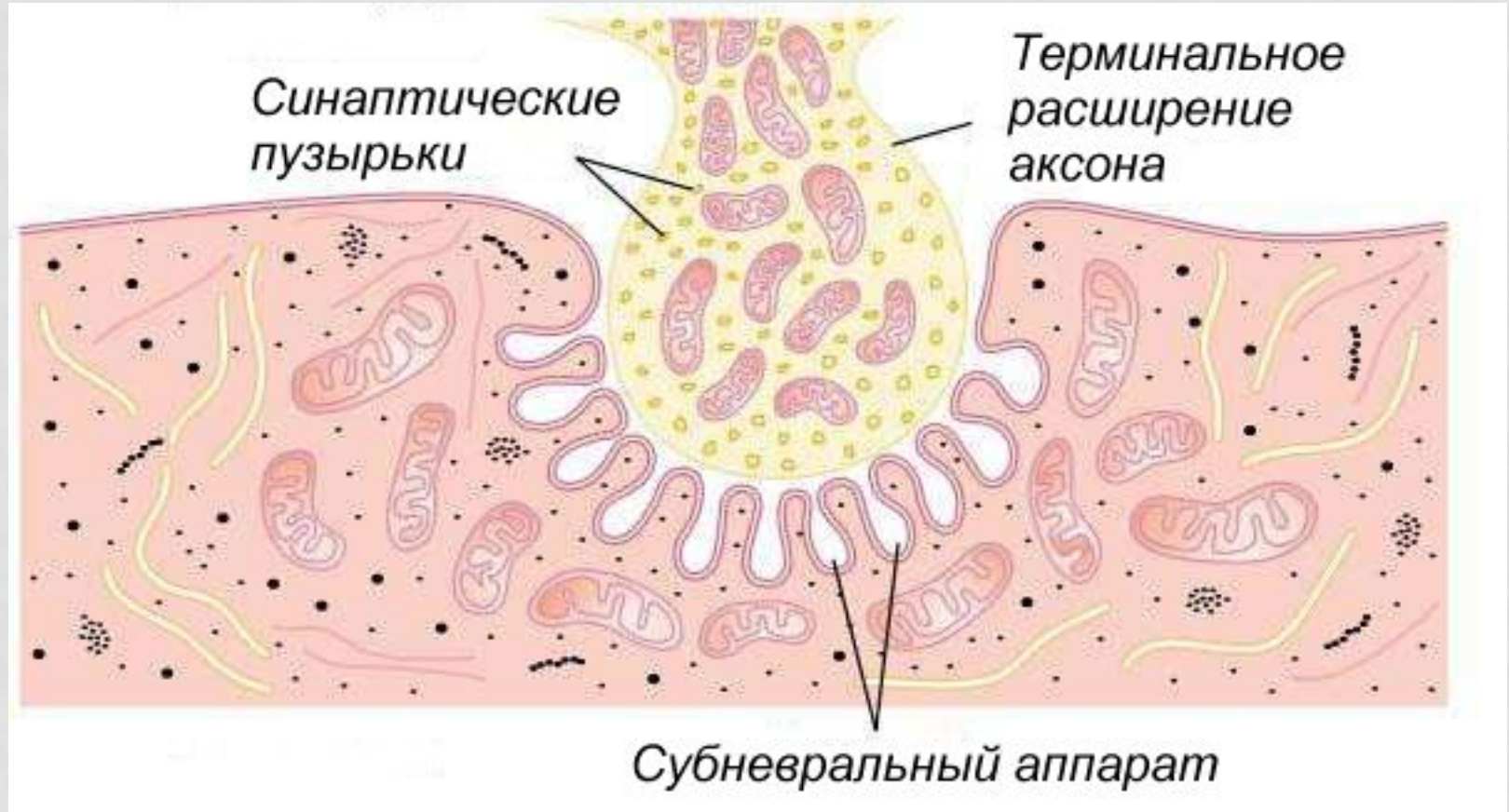
Иннервация скелетной мускулатуры II



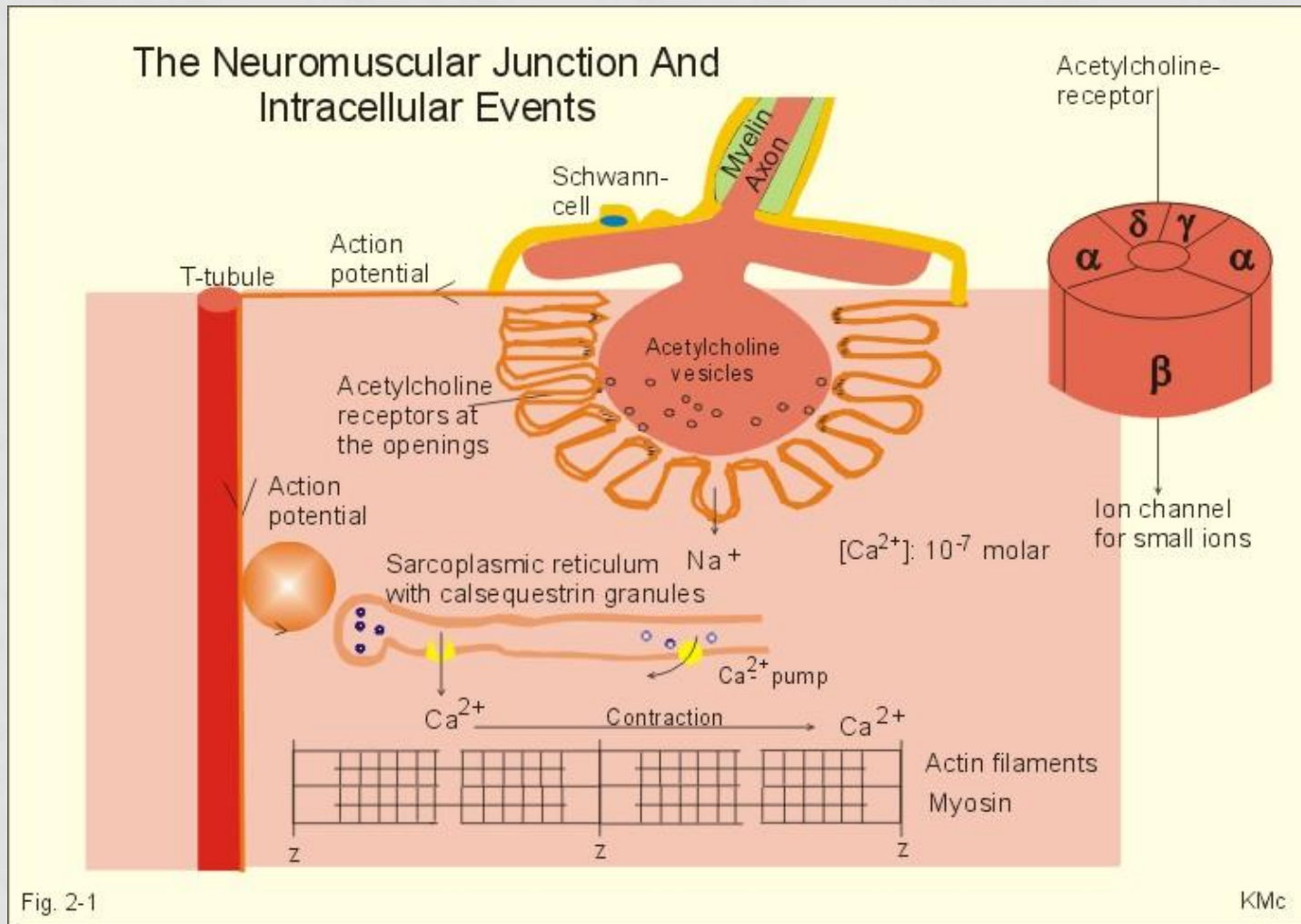
Моторная бляшка



Структура моторной бляшки



Функционирование моторной бляшки

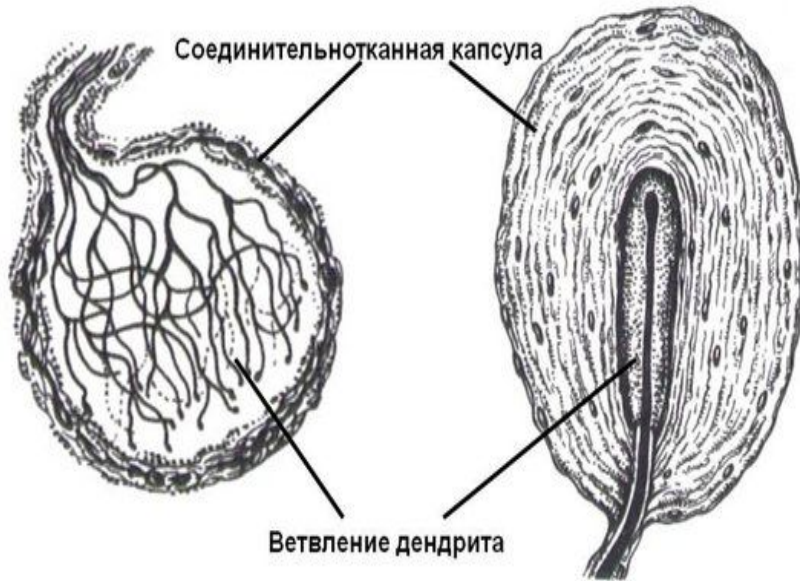


НЕРВНЫЕ ОКОНЧАНИЯ

Терморецепторы

Колба Краузе (холод)

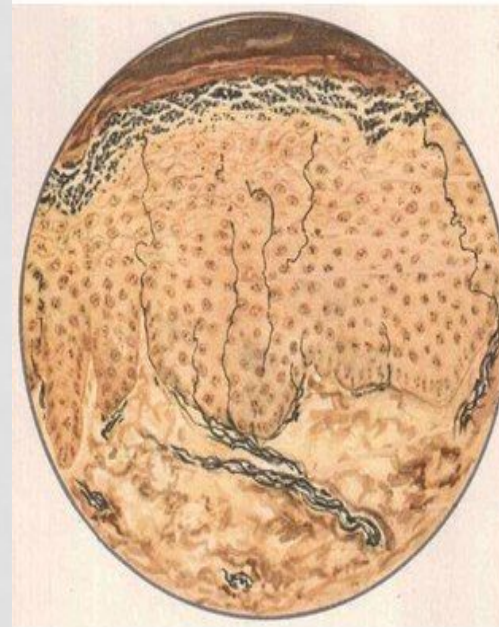
Тельце Руффини (тепло)



Рецепторные нервные окончания

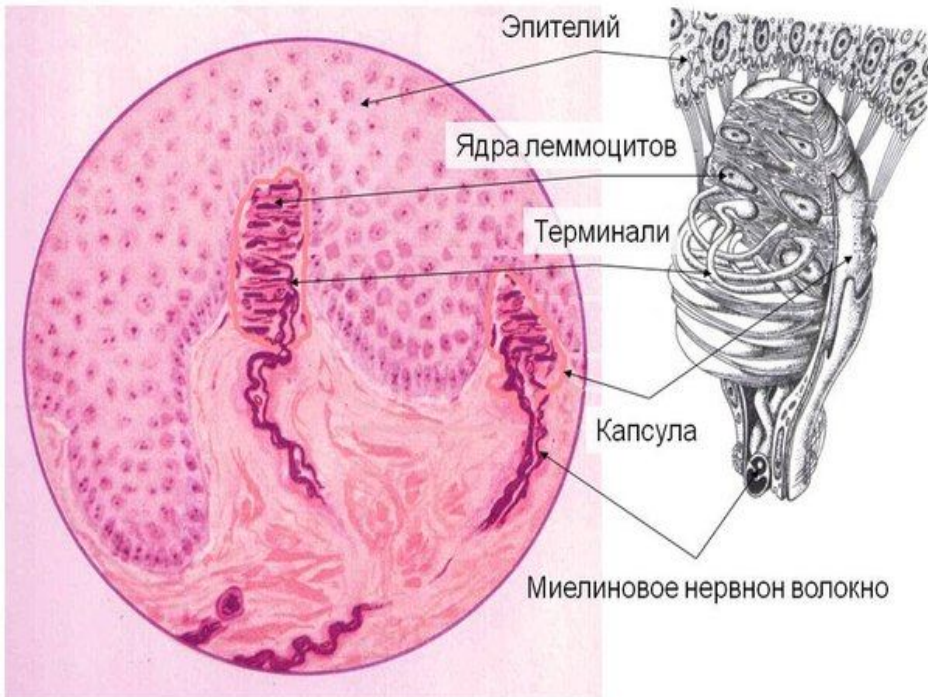
Свободное нервное окончание
в эпителии кожи

Свободное нервное окончание
в соединительной ткани

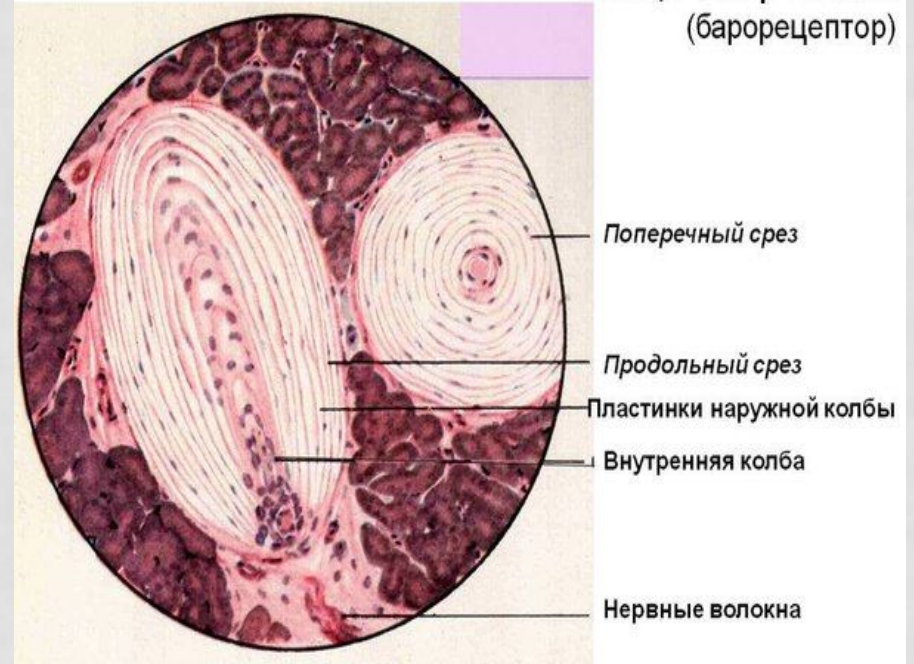


НЕРВНЫЕ ОКОНЧАНИЯ

Осязательное тельце Мейснера

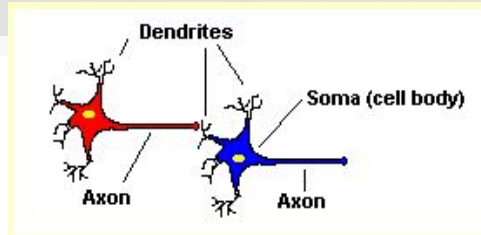
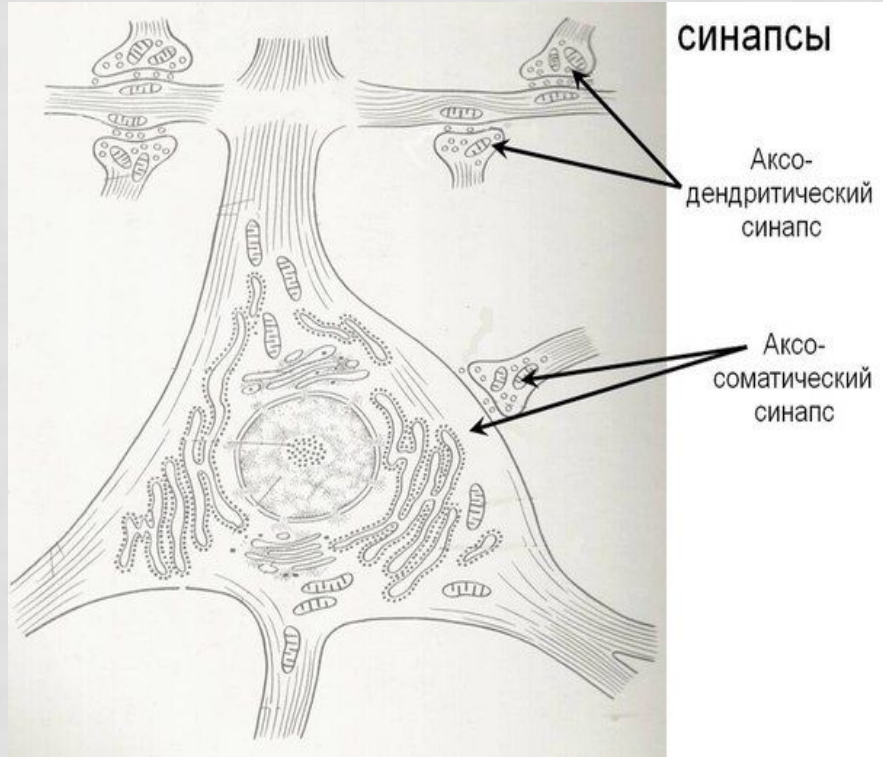


Инкапсулированное нервное окончание – тельце Фатер-Пачини (барорецептор)

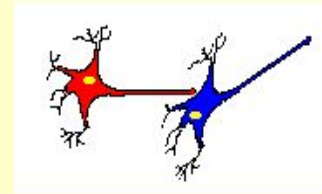


СИНАПСЫ

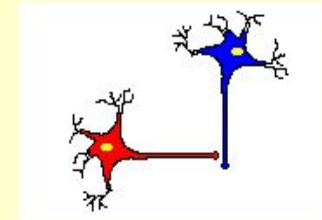
- Если **передача импульса** совершается с помощью **медиатора ацетилхолина**, - синапсы **называют холинергическими**, если **медиатором** служит **норадреналин - адренергическими**.
- В зависимости от передаваемого сигнала, нейромедиаторы, и соответственно **синапсы**, могут быть **возбуждающими** или **тормозными**.
- Такие нейромедиаторы, как **дофамин, глицин и гамма-аминомасляная кислота (ГАМК)** являются медиаторами **тормозящих синапсов**.
- **Область синаптического контакта между двумя нейронами состоит из пресинаптической мембраны, синаптической щели и постсинаптической мембраны.**
- **Пресинаптическая мембрана** — это мембрана клетки, передающей импульс. В этой области локализованы кальциевые каналы, способствующие слиянию синаптических пузырьков с пресинаптической мембраной и выделению медиатора в синаптическую щель.
- **Синаптическая щель** между пре- и постсинаптической мембранами имеет ширину 20—30 нм. Мембраны прочно прикреплены друг к другу в синаптической области филаментами, пересекающими синаптическую щель.
- **Постсинаптическая мембрана** — это участок плазмолеммы клетки, воспринимающий медиаторы и генерирующий импульс. Она снабжена рецепторными зонами для восприятия соответствующего нейромедиатора.



Аксодендритический синапс



Аксосоматический синапс



Аксоаксональный синапс

- СИНАПСЫ
- **В зависимости от локализации окончаний** терминальных веточек аксона, **межнейрональные синапсы различают:**
- **аксо-дендритические** - синапсы между дендритами нейронов.
- **аксо-соматические** - синапсы между терминалями аксона одного нейрона и телом другого нейрона.
- **аксо-аксональные** - синапсы между аксонами разных нейронов
-

МЕЖНЕЙРОНАЛЬНЫЕ СИНАПСЫ

- **Синапсы** — это структуры, предназначенные для передачи импульса с одного нейрона на другой или на мышечные и железистые структуры. Синапсы определяют направление проведения импульса. Если раздражать аксон электрическим током, импульс пойдет в обоих направлениях; но импульс, идущий в сторону тела нейрона и его дендритов, не может быть передан на другие нейроны. Только импульс, достигающий терминалей аксона, с помощью синапсов может передать возбуждение на другой нейрон, мышечную или железистую клетку. **В зависимости от способа передачи импульса синапсы могут быть химическими или электрическими (электротоническими).**

ХИМИЧЕСКИЕ СИНАПСЫ

- Передают импульс на другую клетку с помощью специальных биологически активных веществ — **нейромедиаторов**, находящихся в синаптических пузырьках.
- Терминаль аксона представляет собой **пресинаптическую часть**, а область второго нейрона, или другой иннервируемой клетки, с которой она контактирует, — **постсинаптическую часть**.
- Область синаптического контакта между двумя нейронами состоит из пресинаптической мембраны, синаптической щели и постсинаптической мембраны.



ХИМИЧЕСКИЕ СИНАПСЫ

- **Химические синапсы** передают импульс на другую клетку с помощью специальных биологически активных веществ — **нейромедиаторов**, или **нейротрансмиттеров**, находящихся **в синаптических пузырьках**.
- Терминаль аксона представляет собой **пресинаптическую часть**, а область второго нейрона, или другой иннервируемой клетки, с которой она контактирует, — **постсинаптическую часть**.
- В **пресинаптической части** находятся **синаптические пузырьки**, многочисленные **митохондрии** и отдельные **нейрофиламенты**.
- Форма и содержимое синаптических пузырьков связаны с функцией синапса.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, ИЛИ ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКИЕ, СИНАПСЫ

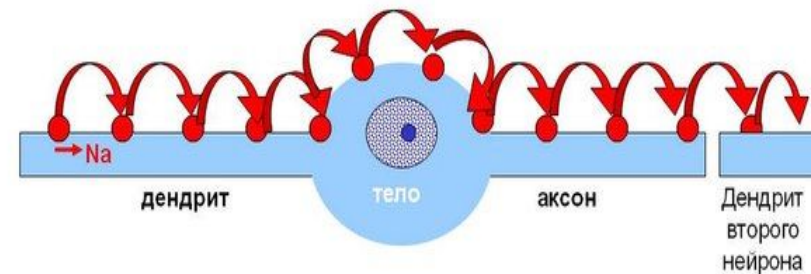
В нервной системе млекопитающих встречаются относительно редко. В области таких синапсов цитоплазмы соседних нейронов связаны щелевидными соединениями (контактами), обеспечивающими прохождение ионов из одной клетки в другую, а следовательно, электрическое взаимодействие этих клеток.

Скорость передачи импульса миелиновыми волокнами больше, чем безмиелиновыми. Тонкие волокна, бедные миелином, и безмиелиновые волокна проводят нервный импульс со скоростью 1—2 м/с, тогда как толстые миелиновые — со скоростью **5—120 м/с**.

В безмиелиновом волокне волна деполяризации мембраны идет по всей аксолемме, не прерываясь, а в миелиновом возникает только в области перехвата. Таким образом, для миелиновых волокон характерно сальтаторное проведение возбуждения, т.е. прыжками. Между перехватами идет электрический ток, скорость которого выше, чем прохождение волны деполяризации по аксолемме

Проведение нервного импульса

- Потенциал покоя (= -60 мВ)
- Потенциал действия (= +50 мВ)



Возбуждающий синапс



Потенциал покоя **-60 мВ**
 Потенциал действия **+50 мВ**

- Холинэргический** (медиатор ацетилхолин)
- Адренэргический** (норадреналин, дофамин)

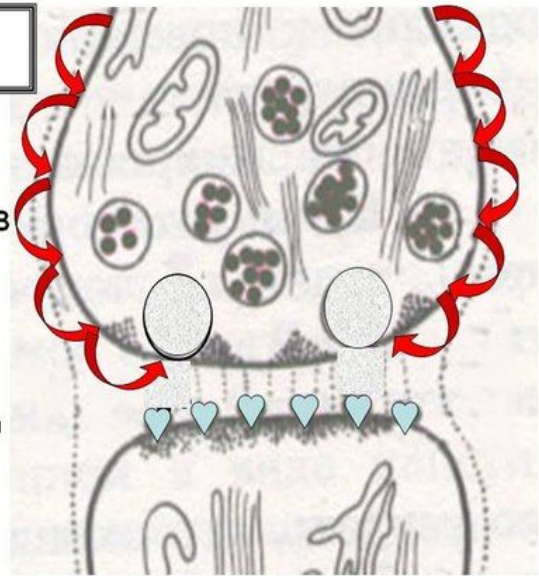
Возбуждающие синапсы
 (деполяризация постсинаптической мембраны, возникновение потенциала действия **+50 мВ**)

- Опиоидэргический** (медиаторы эндорфины)
- Глицинэргический** (медиатор глицин)
- ГАМК-эргический** (гамма-амино-масляная кислота)

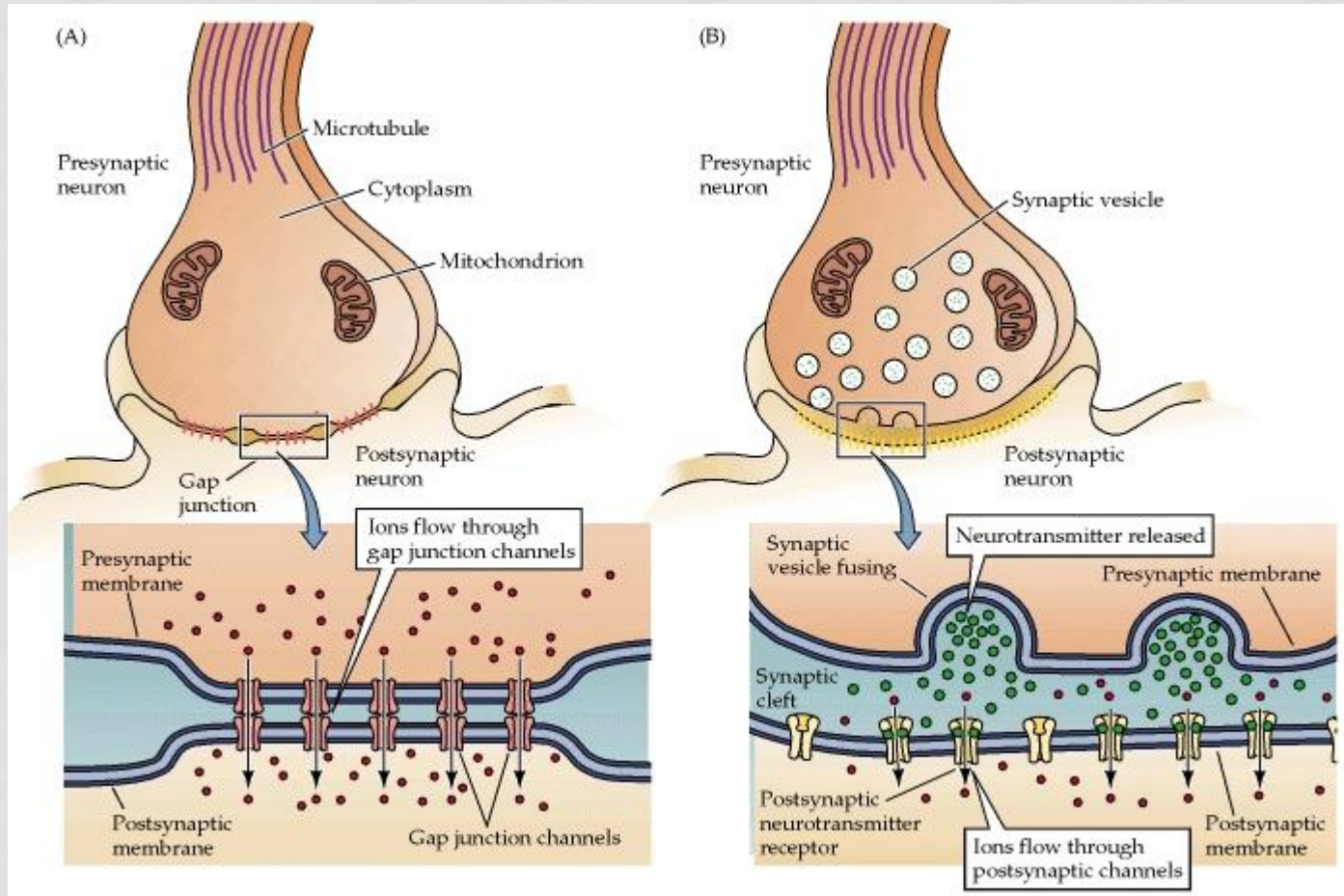
Тормозные синапсы
 (гиперполяризация постсинаптической мембраны с мембранным потенциалом **-90 мВ**)

Тормозной синапс

- Потенциал действия **+50 мВ**
- Потенциал покоя **-60 мВ**
- Гиперполяризация **-90 мВ**



Электрический и химический ТИПЫ СИНАПСА



Механизм синаптической передачи



1. Волна деполяризации доходит до пресинаптической мембраны.
2. При этом открываются кальциевые каналы, и ионы Ca^{2+} входят в терминаль.
3. Повышение концентрации ионов Ca^{2+} в терминали вызывает экзоцитоз нейромедиатора, и медиатор попадает в синаптическую щель.
4. Далее, нейромедиатор диффундирует через синаптическую щель и связывается со специфическими рецепторными участками на постсинаптической мембране, что вызывает молекулярные изменения в постсинаптической мембране, приводящие к открытию ионных каналов и созданию постсинаптических потенциалов, обуславливающих реакции возбуждения или торможения.

Аксональный транспорт

- **Нейрофибриллы** образуют **сеть в теле нейрона**, а в отростках расположены параллельно. **Нейротубулы** и **нейрофиламенты** участвуют в **поддержании формы клеток**, **росте отростков** и в **Аксональном транспорте**.
- **Аксональный** (точнее аксоплазматический) транспорт — это перемещение веществ **от тела** в отростки и **от отростков** в тело нейрона. Он направляется **нейротубулами**, а в транспорте участвуют белки — **кинезин** и **динеин**.
- Транспорт веществ **от тела клетки в отростки** называется **прямым**, или **Антероградным**.
- Транспорт веществ **от отростков к телу** — **обратным**, или **Ретроградным**.
- **Аксональный транспорт** представлен двумя главными компонентами: быстрым компонентом (400—2000 мм в сутки) и медленным (1—2 мм в сутки). **Обе транспортные системы присутствуют как в аксонах, так и в дендрит.**
- **Антероградная быстрая система** **проводит мембранные структуры**, включая компоненты мембраны, митохондрии, пузырьки, содержащие пептиды, предшественники нейромедиаторов и другие белки.
- **Ретроградная быстрая система** **проводит использованные материалы для деградации** в лизосомах, **распределения и рециркуляции** и, возможно, **факторы роста нервов**.

АКСОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

- **Нейротубулы** — органеллы, **ответственные за быстрый транспорт**, который называется также **нейротубулозависимым**. Каждая нейротубула содержит несколько путей, вдоль которых движутся различные частички.
- **АТФ и ионы Ca^{2+}** обеспечивают **эти движения**. На одной **микротубуле пузырьки** могут **обгонять другие пузырьки**, движущиеся в том же направлении.
- **Два пузырька** могут **двигаться** в противоположных направлениях **одновременно по различным путям** одной **нейротубулы**.
- **Медленный транспорт** — это **Антероградная система**, проводящая белки и другие вещества для обновления и поддержания **аксоплазмы** зрелых нейронов и обеспечения аксоплазмой роста аксонов и дендритов при развитии и регенерации.

НЕЙРОМЕДИАТОРЫ

- **Отдельной разновидностью нейронов являются секреторные нейроны.** Способность **синтезировать и секретировать биологически активные вещества**, в частности нейромедиаторы, **свойственна всем нейронам.** Однако существуют нейроны, специализированные преимущественно для выполнения этой функции, — **секреторные нейроны**, например клетки нейросекреторных ядер гипоталамической области головного мозга. В цитоплазме таких нейронов и в их аксонах находятся различной величины гранулы нейросекрета, содержащие белок, а в некоторых случаях липиды и полисахариды. Гранулы нейросекрета выводятся непосредственно в кровь (например, с помощью т.н. **аксо-вазальных синапсов**) или же в **мозговую жидкость**. Нейросекреты выполняют роль нейрорегуляторов, участвуя во взаимодействии нервной и гуморальной систем интеграции.

НЕЙРОННАЯ ТЕОРИЯ КОНТАКТОВ

Нейронная теория контактов

Основы заложил Рамон-И-Кахаль (1906 г.);
Развитие теории – Казанская школа нервистов (Лаврентьев)



- **Нейронная теория.** Теория контакта, утверждающая, что нервная **система** построена из обособленных, контактирующих между собой клеток - **нейронов**, сохраняющих генетическую, морфологическую и функциональную индивидуальность. Н. т. рассматривает нервную деятельность как результат взаимодействия совокупности нейронов. Этому представлению в конце 19 - начале 20 вв. противостояла **теория континуитета**, полагавшая, что клеточное вещество одного нейрона переходит в вещество другого без перерыва, благодаря чему отростки нервных клеток образуют единую плазматическую сеть. Убедительные факты в пользу Н. т. были получены С. Рамон-и-Кахалем, А. А. Заварзиним, Б. И. Лаврентьевым и др. при изучении микроскопического строения нервной системы, её эмбрионального развития, а также дегенерации и регенерации нейронов. Ныне в свете электрофизиологических и электронномикроскопических данных правильность Н. т. не вызывает сомнений.

Рефлекторные дуги лежат в основе деятельности нервной системы.

Они представляют собой цепочки нейронов, которые обеспечивают реакции рабочих органов в ответ на раздражение рецепторов.

В рефлекторных дугах нейроны, связанные друг с другом синапсами, образуют три звена:

- рецепторное (афферентное),
- эффекторное
и расположенное между ними
- ассоциативное (вставочное) звено.

НЕЙРОНЫ

- В зависимости от функции в рефлекторной дуге различают рецепторные
- **(чувствительные, афферентные),**
- **ассоциативные** и
- **эфферентные** (эффекторные) нейроны.
- **Афферентные нейроны** воспринимают импульс;
- **Эфферентные** передают его на ткани рабочих органов, побуждая их к действию, а
- **Ассоциативные** осуществляют связь между нейронами.

РЕФЛЕКТОРНЫЕ ДУГИ

Нейронная теория контактов

Основы заложил Рамон-И-Кахаль (1906 г.);
Развитие теории – Казанская школа нервистов (Лаврентьев)

Рефлекторная дуга



- Наиболее простыми рефлекторными дугами являются **двух- и трехнейронные**, замыкающиеся на уровне **одного сегмента спинного мозга**.
- В **трехнейронной рефлекторной дуге** первый нейрон представлен **чувствительной клеткой**, который движется вначале **по периферическому отростку**, а затем **по центральному**, направляясь к одному из **ядер заднего рога спинного мозга**. Здесь импульс передается следующему нейрону, отросток которого направляется из заднего рога в передний, к клеткам ядер (**двигательных**) переднего рога. Этот нейрон выполняет проводниковую (кондукторную) функцию. Он передает импульс от чувствительного (афферентного) нейрона к двигательному (эфферентному). **Тело третьего нейрона** (эфферентного, эффекторного, двигательного) **лежит в переднем роге спинного мозга**, а его аксон — в составе переднего корешка, а затем спинномозгового нерва простирается до рабочего органа (мышца).

По функциональной значимости в составе рефлекторной дуги выделяют 3 группы нейронов:

- рецепторные (чувствительные), имеющие чувствительные нервные окончания (рецепторы), которые способны воспринимать раздражение из внешней или внутренней среды;
- эффекторные (эфферентные), имеющие на окончаниях аксона эффекторы, которые передают нервный импульс на рабочий орган;
- ассоциативные (вставочные), являющиеся промежуточными в составе рефлекторной дуги и передающие информацию с чувствительного нейрона на эфферентный.

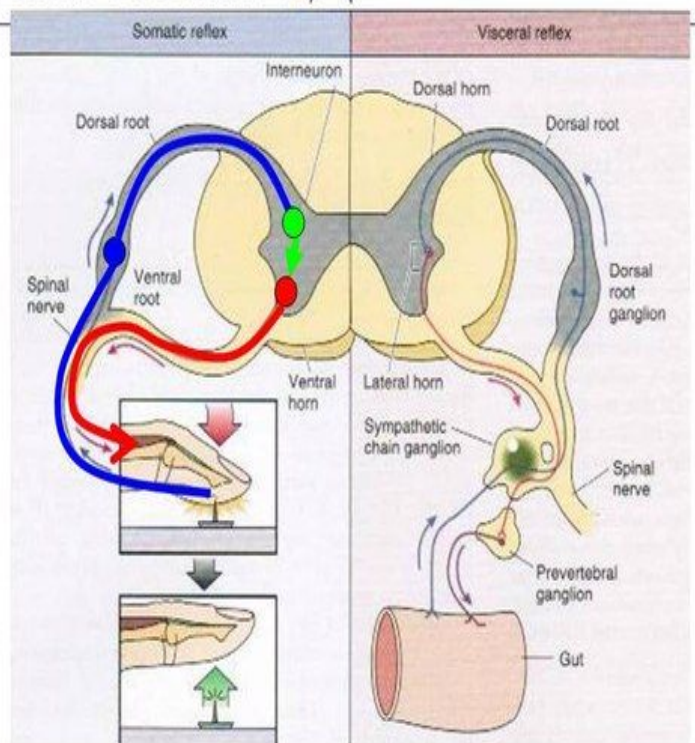


РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

- **Рефлекторная дуга вегетативной нервной системы** состоит из **чувствительного** (афферентного, сенсорного),
- **ассоциативного** (вставочного) и
- **эффекторного** (эфферентного) звеньев.
- **Чувствительное** (первое) звено образовано клетками **спинномозговых или периферических ганглиев**.
- **Ассоциативное** (второе) звено представлено преганглионарными нейронами, расположенными **в боковых рогах спинного мозга, в продолговатом и в среднем мозге**.
Отростки вставочных преганглионарных нейронов выходят из спинного мозга в составе вентральных корешков, вступают в соматические нервные стволы и отсюда достигают узлов пограничного симпатического ствола или парасимпатических узлов в органах, где переключаются на эфферентные клетки.
Эфферентное (третье) **звено образовано эфферентными клетками периферических ганглиев**.

СОМАТИЧЕСКАЯ РД

Соматическая РД



Соматическая РД

- Рецепторное (афферентное) звено:
Чувствительные псевдоуниполярные нейроны СПИНОМОЗГОВОГО УЗЛА
- Вставочное (ассоциативное) звено:
Мультиполярные вставочные (внутренние) нейроны ЗАДНИХ рогов спинного мозга
- Двигательное (эфферентное) звено:
Мультиполярные двигательные нейроны (корешковые) ПЕРЕДНИХ рогов спинного мозга

ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА

1-ый нейрон оканчивается в боковых рогах спинного мозга.

2-ой нейрон выходит за пределы сегмента и оканчиваются в преганглионарных/постганглионарных волокнах.

3-ий нейрон начинается от паравертебральных/превертебральных узлов

Автономная РД

□ Рецепторное (афферентное) звено:

Чувствительные псевдоуниполярные нейроны СПИНОМОЗГОВОГО УЗЛА

□ Вставочное (ассоциативное) звено:

Мультиполярные вставочные нейроны БОКОВЫХ рогов спинного мозга (корешковые) – преганглионарные в.

□ Двигательное (эфферентное) звено:

Мультиполярные двигательные нейроны СИМПАТИЧЕСКИХ И ПАРАСИМПАТИЧЕСКИХ НЕРВНЫХ УЗЛОВ – постганглионарные волокна

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕФЛЕКТОРНЫХ ДУГ СОМАТИЧЕСКОЙ И ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ.

- **Рефлекторная дуга** — это цепь нервных клеток, обязательно включающая первый — **чувствительный** и последний — **двигательный** (или секреторный) **нейроны**.
- **Соматическая рефлекторная дуга.**
- 1-ый нейрон оканчивается в задних рогах спинного мозга.
- 2-ой нейрон - из задних рогов в передние, не выходит за пределы спинного мозга.
- 3-ий нейрон – выходит из передних рогов.
- **Вегетативная рефлекторная дуга.**
- 1-ый нейрон оканчивается в боковых рогах спинного мозга.
- 2-ой нейрон выходит за пределы сегмента и оканчиваются в преганглионарных/постганглионарных волокнах.
- 3-ий нейрон начинается от паравертебральных/превертебральных узлов

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОНОВ ПО МЕСТУ В РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГЕ



1. ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ.

Анатомически нервную систему условно подразделяют на:

Центральную нервную систему (ЦНС), которая включает головной и спинной мозг и

Периферическую нервную систему (ПНС), к которой относят периферические нервные узлы - (ганглии), нервы (нервные стволы) и нервные окончания.

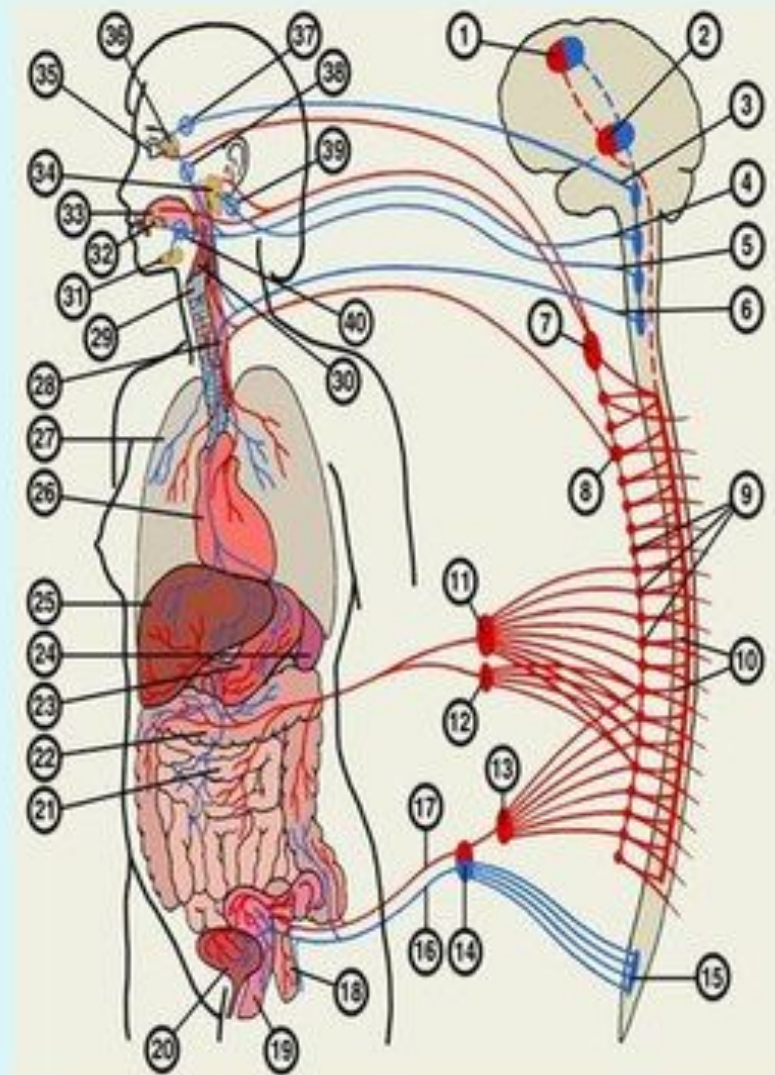


Физиологически (в зависимости от характера иннервации органов и тканей)

нервную систему разделяют на:

автономную или **вегетативную** нервную систему, регулирующую деятельность внутренних органов, сосудов и желез; и

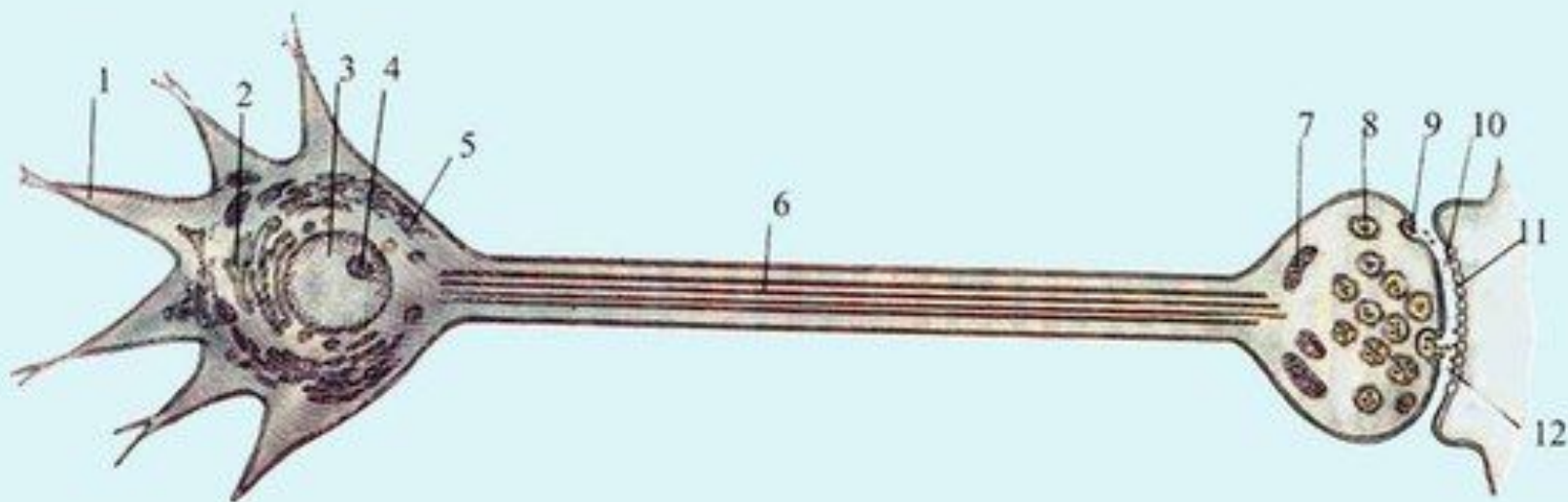
соматическую или **анимальную**, иннервирующую скелетную мускулатуру, органы чувств и ВНД.



Ведущей тканью органов нервной системы является нервная ткань, включающая нейроны и нейроглию

Скопления нейронов в ЦНС обычно называют *ядрами*, а в ПНС – *узлами (ганглиями)*.

Пучки нервных волокон в ЦНС называются *трактами (проводящие пути)*, в ПНС – *нервами (нервные стволы)*.



Гемато-энцефалический барьер включает в себя следующие компоненты:

- **эндотелий кровеносных капилляров** (с непрерывной выстилкой) главный компонент гемато-энцефалического барьера. Его клетки связаны мощными плотными соединениями, образование которых индуцируется контактом с астроцитами. Эндотелий препятствует переносу одних веществ, содержит специфические транспортные системы для других и метаболически изменяет третьи, превращая их в соединения, неспособные проникнуть в мозг;
- **базальную мембрану капилляров;**
- **периваскулярную пограничную глиальную мембрану из отростков астроцитов.**

Поверхностная пограничная глиальная мембрана (краевая глия) мозга, расположена под мягкой мозговой оболочкой, образует наружную границу головного и спинного мозга, отделяя ткани центральной нервной системы от мозговых оболочек.

СПИННОЙ МОЗГ

- Спинной мозг состоит из 2-х половин, соединенных узкой полоской, содержащей центральный канал (остаток полости нервной трубки). На поперечном срезе легко различимы лежащие снаружи **белое вещество** и расположенная глубже темная масса – **серое вещество**.

РАЗВИТИЕ: В процессе развития спинного мозга из нервной трубки нейроны группируются в **10 слоях**, или **пластинах Рекседа**. При этом

- **I-V пластины** соответствуют **задним рогам**,
- **VI-VII пластины** - **промежуточной зоне**,
- **VIII-IX пластины** - **передним рогам**,
- **X пластина** - **зона около центрального канала**.

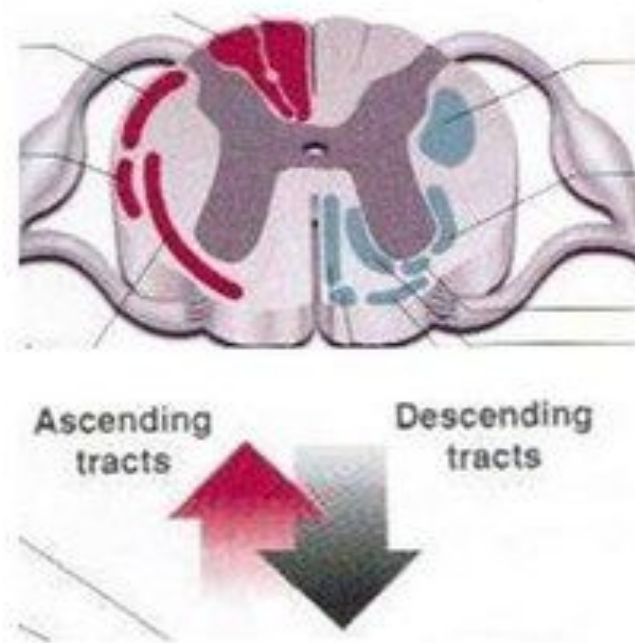
Такое деление на пластины дополняет организацию структуры серого вещества спинного мозга, основывающейся на локализации ядер.

На поперечных срезах более отчетливо видны **ядерные группы нейронов**, а на **сагиттальных** - лучше видно **пластинчатое строение**, где **нейроны группируются в колонки Рекседа**.

Каждая колонка нейронов соответствует определенной области на периферии тела. Клетки, сходные по размерам, тонкому строению и функциональному значению, лежат в сером веществе группами, которые называются ядрами.

Миелоархитектоника белого вещества спинного мозга

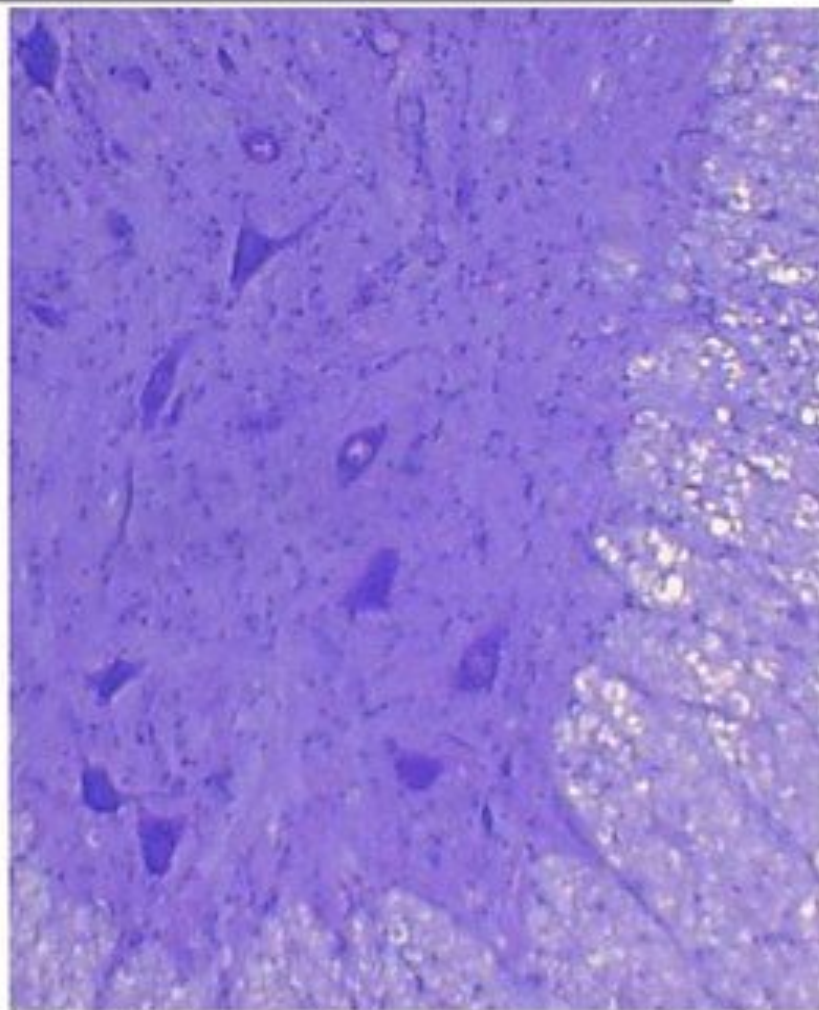
- Окружает серое вещ-во
- Состоит из нервных волокон
- Образует восходящие и нисходящие проводящие пути
- Выделяют:
 - Дорсальные канатики
 - Латеральные канатики
 - Вентральные канатики



Цитоархитектоника серого вещества спинного мозга

Нейроны СМ по топографии аксонов подразделяются:

- ▣ **Корешковые** (их аксоны образуют передние корешки)
- ▣ **Внутренние** (аксоны заканчиваются в пределах серого в-ва)
- ▣ **Пучковые** (аксоны образуют волокна белого вещ-ва – проводящие пути)



Цитоархитектоника серого вещества спинного мозга

Передние рога

- Содержат мультиполярные двигательные нейроны (корешковые), образующие двигательные ядра
- На них заканчиваются:
 - Коллатерали псевдоуниполярных нейронов СМ узлов
 - Аксоны вставочных нейронов задних рогов
 - Аксоны волокон нисходящих путей
 - Аксоны клеток Реншоу (тормозные)
- Их Аксоны, покидают СМ в составе передних корешков
 - Оканчиваются нервно-мышечными синапсами на скелетных мышцах

Цитоархитектоника серого вещества спинного мозга

Боковые рога

- Содержат мультиполярные вставочные нейроны (корешковые) ядер автономной нервной системы
- На них заканчиваются:
 - Аксоны псевдоуниполярных нейронов СМ узлов
 - Аксоны нейронов автономных центров продолговатого мозга (нисходящие пути)
- Их Аксоны, образуют преганглинарные волокна:
 - Оканчиваются на мотонейронах симпатических и парасимпатических нервных узлов

Цитоархитектоника серого вещества спинного мозга

Задние рога

- Содержат мелкие и средние мультиполярные вставочные нейроны
- На них заканчиваются аксоны псевдоуниполярных нейронов СМ узлов
- Их Аксоны:
 - Оканчиваются на мотонейронах передних рогов (внутренние)
 - Образуют межсегментарные связи (внутренние)
 - Выходят в белое вещество – образуют проводящие пути (пучковые)

Среди нейронов спинного мозга можно выделить три вида клеток:

- *корешковые,**
- *внутренние,**
- *пучковые.**

Аксоны корешковых клеток покидают спинной мозг в составе его передних корешков.

Отростки внутренних клеток заканчиваются синапсами в пределах серого вещества спинного мозга.

Аксоны пучковых клеток проходят в белом веществе обособленными пучками волокон, несущими нервные импульсы от определенных ядер спинного мозга в его другие сегменты или в соответствующие отделы головного мозга, образуя проводящие пути. Отдельные участки серого вещества спинного мозга значительно отличаются друг от друга по составу нейронов, нервных волокон и нейроглии.

В задних рогах различают:

- * губчатый слой,
- * желатинозное вещество,
- * собственное ядро заднего рога и
- * грудное ядро Кларка.

Между задними и боковыми рогами серое вещество вдается тяжами в белое, вследствие чего образуется его сетчатое разрыхление, получившее название сетчатого образования, или ретикулярной формации, спинного мозга.

Глия спинного мозга

Основную часть глиального остова серого вещества составляют **протоплазматические и волокнистые астроциты**. Отростки волокнистых астроцитов выходят за пределы серого вещества и вместе с элементами соединительной ткани принимают участие в образовании перегородок в белом веществе и глиальных мембран вокруг кровеносных сосудов и на поверхности спинного мозга.

Эпендимная глия выстилает **центральный канал спинного мозга**. Эпендимоциты участвуют в выработке спинномозговой жидкости (ликвора). От периферического конца эпендимоцита отходит длинный отросток, входящий в состав наружной пограничной мембраны спинного мозга.

Непосредственно **под слоем эпендимы** располагается **субэпендимальная (перивентрикулярная) пограничная глиальная мембрана**, образованная отростками астроцитов. Эта мембрана входит в состав т.н. гемато-ликворного барьера.

Микроглия поступает в спинной мозг по мере врастания в него кровеносных сосудов и распределяется в сером и белом веществе.

Соединительнотканые оболочки спинного мозга соответствуют оболочкам головного мозга.

СЕРОЕ ВЕЩЕСТВО

- В сером веществе имеются выступы (**столбы**) получили название рога - с **вентральной стороны** объемистые передние рога (*cornu anterius*), с **дорзальной стороны** – задние рога (*cornu posterius*) – гораздо более тонкие и длинные и **Боковые рога** (*cornu lateral*). Вершину задних рогов образует роландово студенистое вещество, состоящее главным образом из нейроглиальных клеток и волокон. Дорзальнее расположена **губчатая зона**, а затем **краевая зона Лиссауера**. От серого вещества в глубь белого отходят тонкие тяжи, состоящие из нейроглии. Они идут в радиальном направлении, анастомозируют между собой и на поверхности спинного мозга сливаются, образуя пограничную тонкую нейроглиальную оболочку. С наружной стороны к нейроглиальной оболочке примыкает мягкая оболочка (*pia mater*), состоящая из рыхлой Соед.тк., пучки которой идут продольно и поперечно. В ней видны многочисленные кровеносные сосуды.

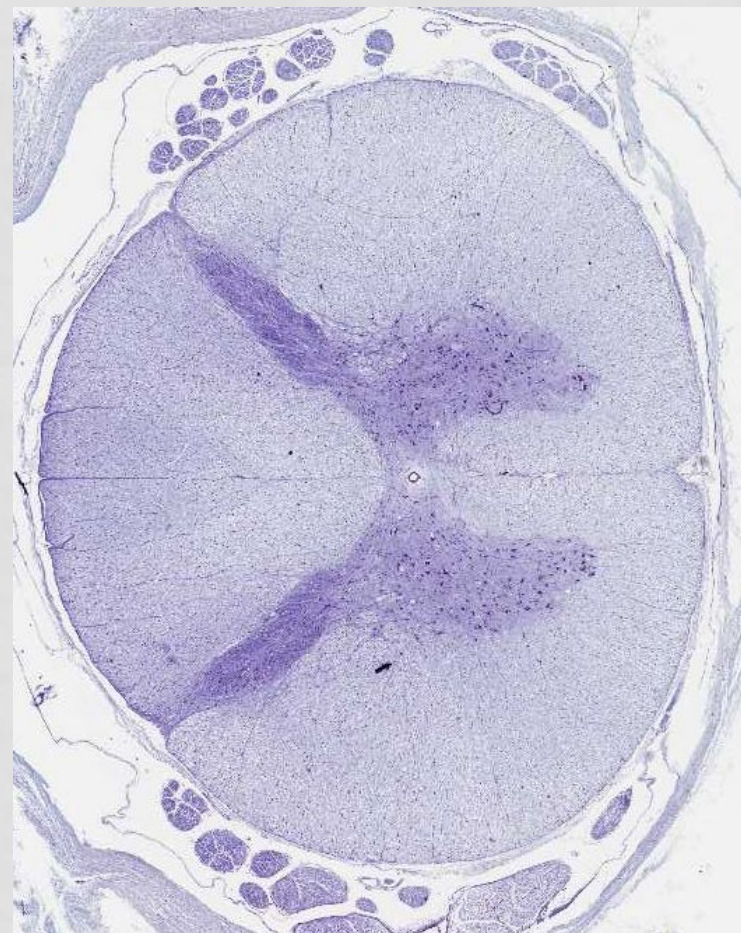
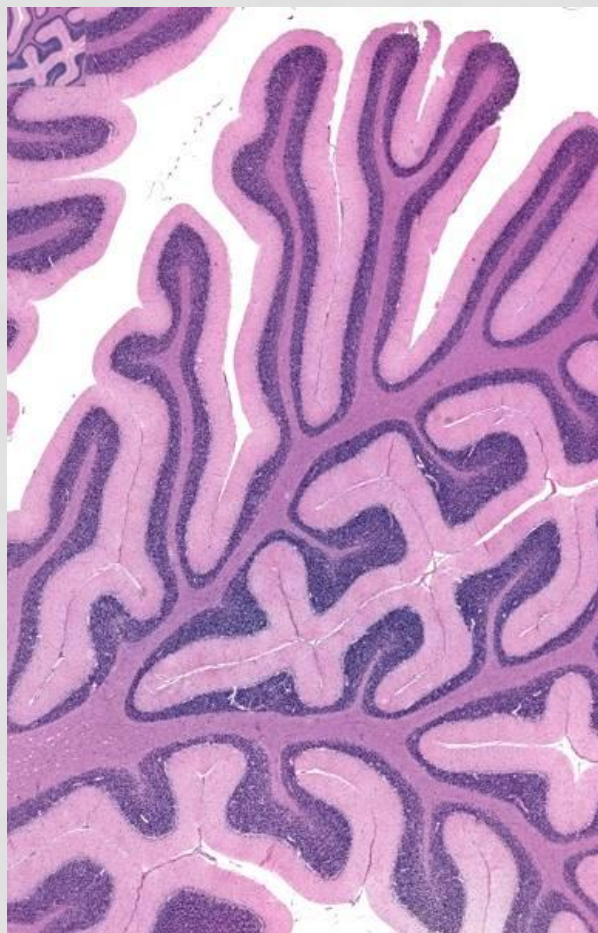
СЕРОЕ ВЕЩЕСТВО

К мягкой мозговой оболочке примыкает паутинная оболочка (*arachnoidea*), состоящая из рыхло расположенных пучков Соед.тк., образующих своеобразную сетку, не содержащая сосудов.; за ней лежит твердая толстая мозговая оболочка (*dura mater*), образованная ПВОСТ с многочисленными эластическими волокнами. Нервные клетки в сером веществе располагаются либо группами (ядрами), либо разбросаны поодиночке. В передних рогах видны несколько групп или, как их обычно называют, ядер **двигательных моторных клеток**. Это крупные мультиполярные нервные клетки с большим количеством денритов. Каждое двигательное ядро иннервирует определенную группу мышц. Нейриты моторных клеток переднего рога покидают в составе передних корешков покидают спинной мозг, идут на периферию тела и образуют двигательные нервные окончания в поперечно-полосатых мышцах.

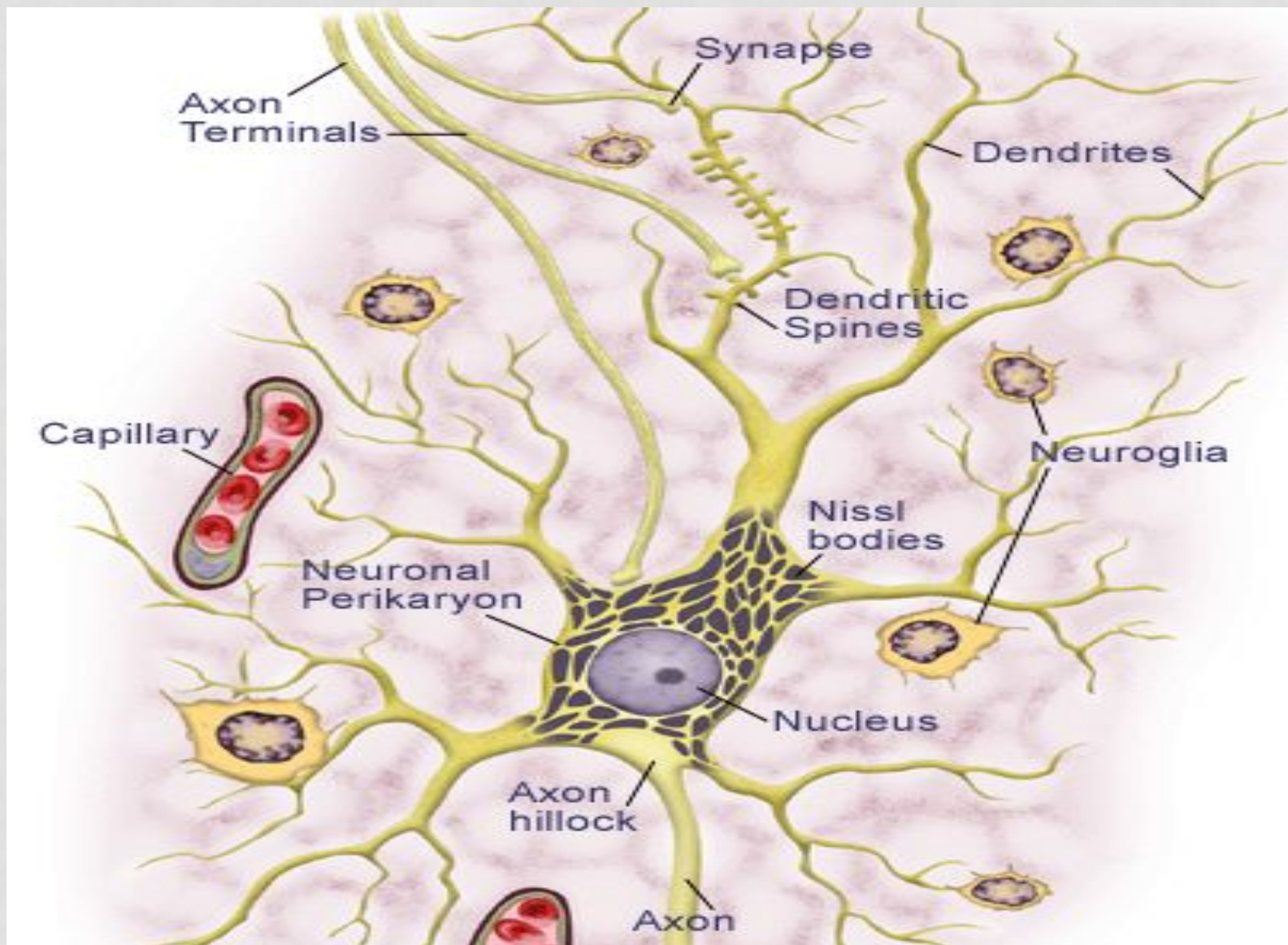
СЕРОЕ ВЕЩЕСТВО

- Чувствительные клетки располагаются в спинальных ганглиях. **Нейриты нервных клеток** спинального ганглия вступают в спинной мозг в составе задних корешков и проникают **через задние рога** в серое вещество. Здесь они сочетаются с **пучковыми клетками**, расположенными поодиночке или небольшими группами в сером веществе; отростки пучковых клеток выходят **в белое вещество**, где образуют пучки волокон (так называемые проводящие пути), проводящие возбуждение в определенном направлении. **Отростки одних пучковых клеток** выходят из серого вещества в белое, **здесь Т-образно** разветвляются и идут в обе стороны параллельно длинной оси спинного мозга, затем загибаются, входят обратно в серое вещество и вступают в контакт **с моторными клетками передних рогов**.
- Отростки других пучковых клеток образуют в белом веществе проводящие пути, связывают спинной мозг с головным. Эти клетки расположены главным образом – медиально у основания задних рогов – так называемое Ядро Кларка.
- Нейроглия образует остов как серого, так и белого вещества спинного мозга. Просвет центрального канала окаймляют клетки эпендимы. Белое вещество спинного мозга состоит главным образом из мякотных нервных волокон, нейроглии и тонких прослоек Соед.тк., по которым проходят кровеносные сосуды.

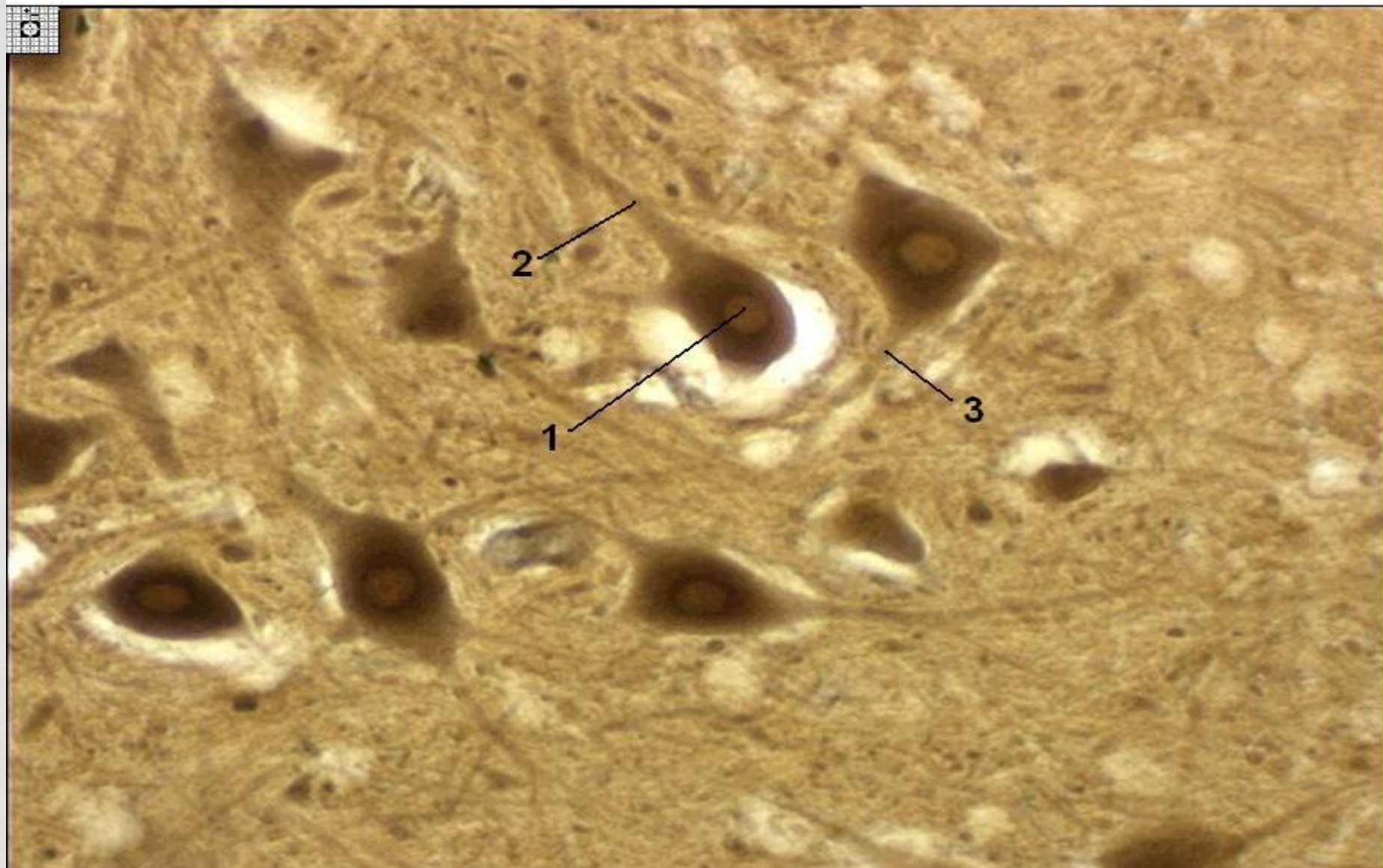
СЕРОЕ И БЕЛОЕ ВЕЩЕСТВО ЦНС



Микроструктура серого вещества



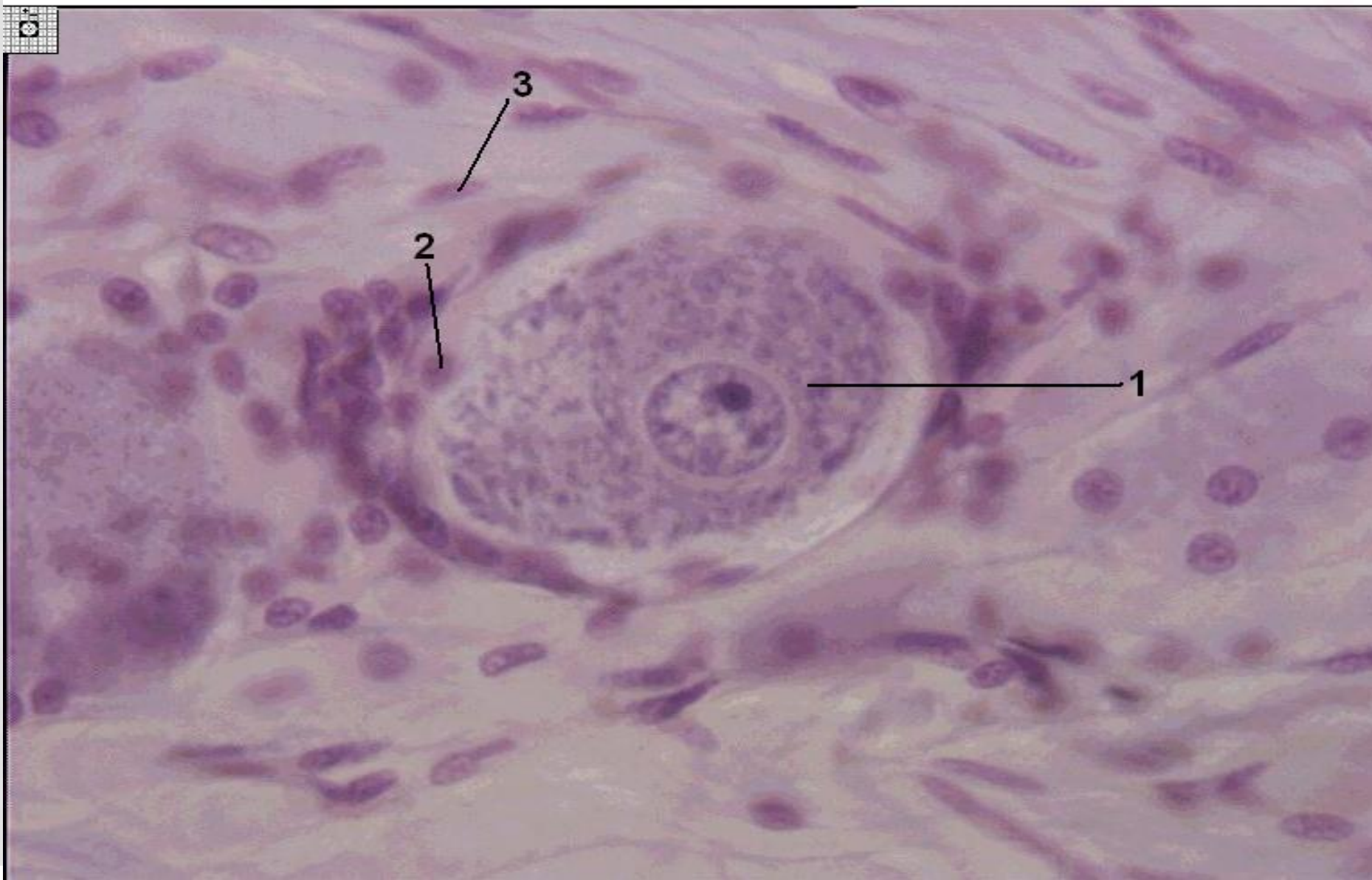
Мультиполярные нейроны спинного мозга;
срез спинного мозга. Импрегнация азотнокислым
1-Ядро нейрона. 2-Аксон. 3-Дендриты.



Псевдоуниполярные нейроны спинномозгового узла.

Окраска гематоксилин-эозином.

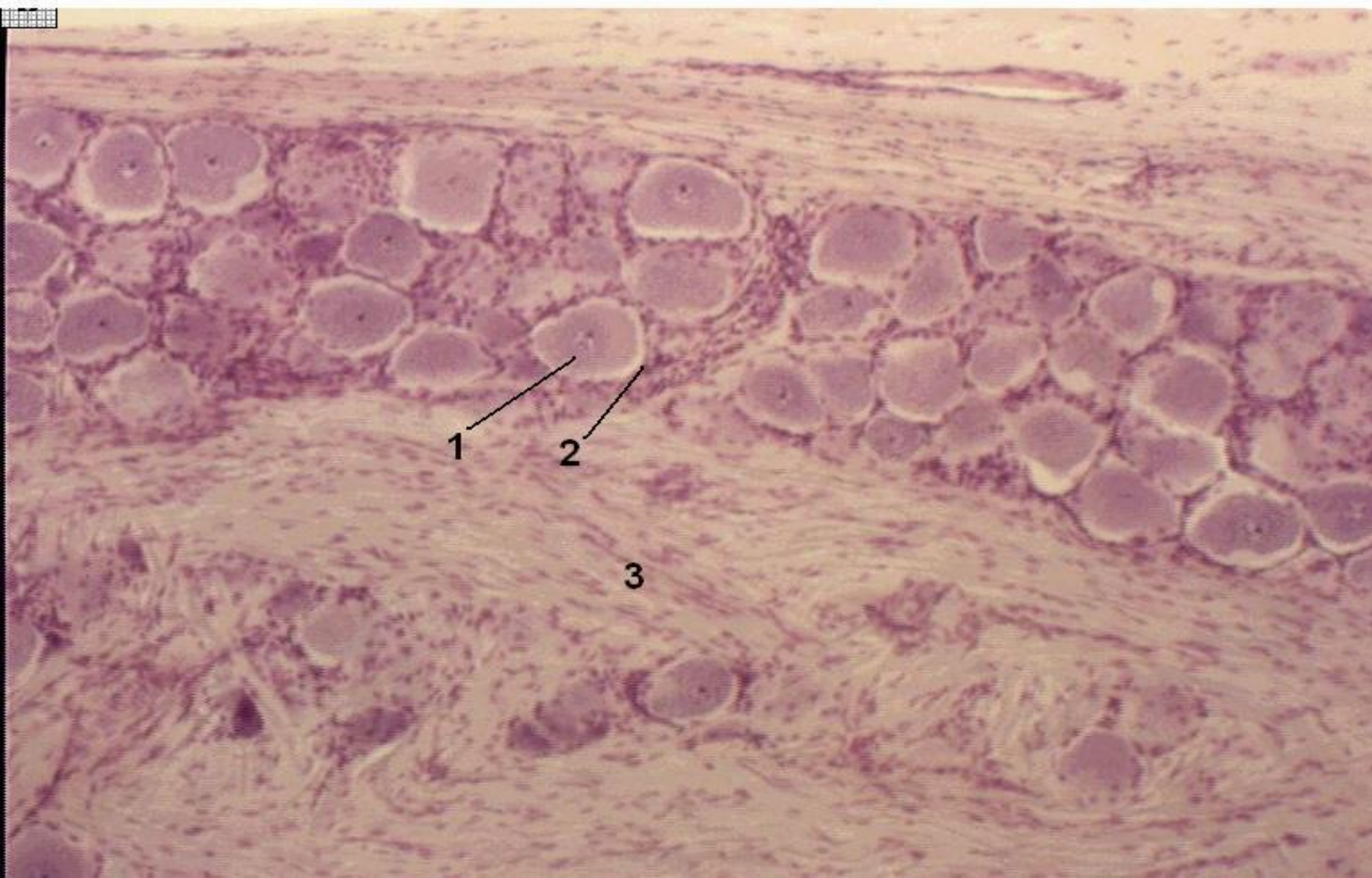
1-Тело нейрона. 2-Клетки-сателлиты. 3-Фибробласты.



Псевдоуниполярные нейроны спинномозгового узла.

Окраска гематоксилин-эозином.

1-Тела нейроцитов. 2-Клетки-сателлиты. 3-Нервные волокна.



РЕГЕНЕРАЦИЯ ЗАВИСИТ ОТ МЕСТА ТРАВМЫ

- Как в центральной, так и в периферической нервной системе **погибшие нейроны не восстанавливаются**. Полноценной регенерации нервных волокон в центральной нервной системе обычно не происходит, но нервные волокна в составе периферических нервов обычно хорошо регенерируют. При этом нейролеммоциты периферического отрезка и ближайшего к области травмы участка центрального отрезка пролиферируют и выстраиваются компактными тяжами. Осевые цилиндры центрального отрезка дают многочисленные коллатерали, которые растут со скоростью 1—3 мм в сутки вдоль нейролеммальных тяжей, создавая, таким образом, избыточный рост нервных волокон. Выживают только те волокна, которые достигают соответствующих окончаний. **Остальные дегенерируют**. Если существует препятствие для врастания аксонов центрального отрезка нерва в тяжи нейролеммоцитов периферического отрезка (например, при наличии рубца), аксоны центрального отрезка растут беспорядочно и могут образовать клубок, называемый ампутационной невромой. При ее раздражении возникает сильная боль, которая воспринимается как исходящая из первоначально иннервируемой области, например как боль в ампутированной конечности (это т.н. фантомные боли).

РЕАКЦИЯ НЕЙРОНОВ И ИХ ВОЛОКОН НА ТРАВМУ

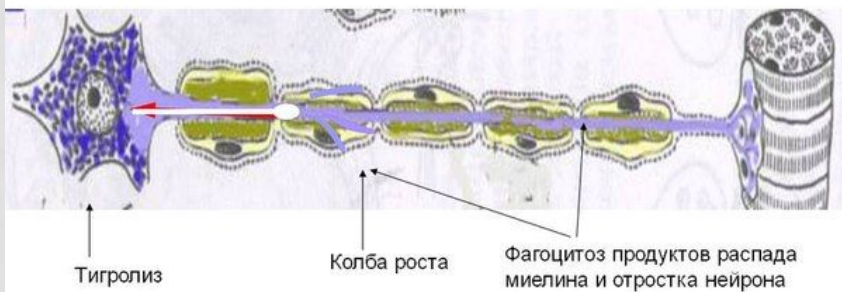
- Перерезка нервного волокна вызывает различные реакции в теле нейрона, в участке волокна между телом нейрона и местом перерезки (проксимальный сегмент) и в отрезке, расположенном дистальнее от места травмы и не связанном с телом нейрона (дистальный сегмент). Изменения в **теле нейрона** выражаются в его **набухании**, **тигролизе** — растворении глыбок хроматофильной субстанции, и в перемещении ядра на периферию тела клетки.
- Дегенеративные изменения в центральном отрезке ограничиваются распадом миелинового слоя и осевого цилиндра вблизи травмы. В дистальном отрезке миелиновый слой и осевой цилиндр фрагментируются и продукты распада удаляются макрофагами.

ПОВРЕЖДЕННЫЕ НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА ГОЛОВНОГО И СПИННОГО МОЗГА

- Поврежденные нервные волокна головного и спинного мозгане регенерируют.
- Возможно, регенерации нервных волокон в центральной нервной системе не происходит потому, **что глиоциты** без базальной мембраны **лишены хемотаксических факторов**, необходимых для проведения регенерирующих аксонов.
- Однако при малых травмах центральной нервной системы возможно частичное восстановление ее функций, обусловленное пластичностью нервной ткани.

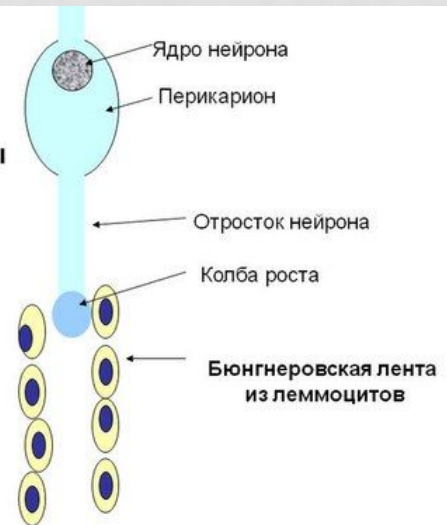
РЕГЕНЕРАЦИЯ НЕРВНОГО ВОЛОКНА

Регенерация нервного волокна



Скорость роста = 0,5 – 5 мм в сутки

Рост отростка нейрона вдоль Бюнгнеровской ленты



Скорость роста = 0,5 – 5 мм в сутки