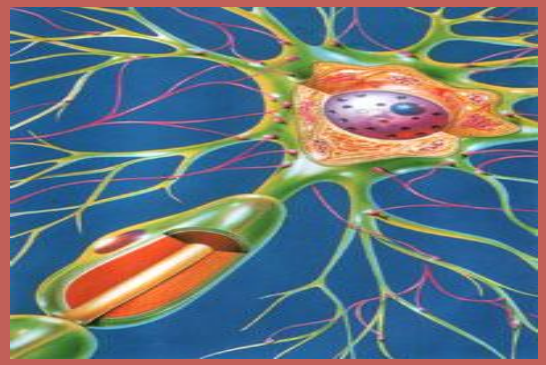
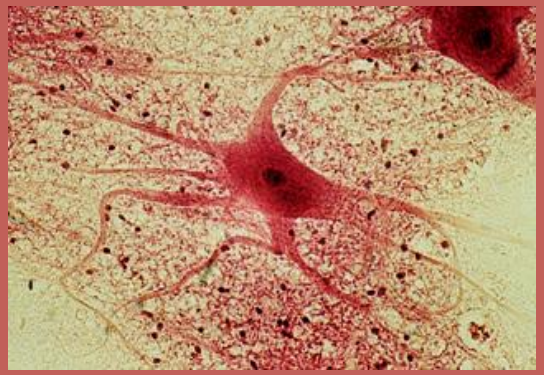
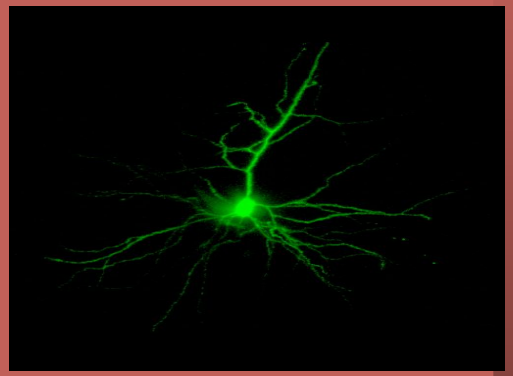




Анатомия центральной нервной системы

Тема 4. Нервная ткань.

Основные структурно-функциональные элементы нервной ткани. Понятие рефлекса.

Микроструктура нервной ткани

- **Нервная ткань** - это система взаимосвязанных нервных клеток, нейроглии и глиальных макрофагов, обеспечивающих специфические функции восприятия раздражений, возбуждения, выработки импульса и его передачи.

НЕРВНАЯ ТКАНЬ

Нервные клетки = нейроны = нейроциты

Функции нейронов:

1. Рецепция (восприятие) нервных импульсов
2. Проведение возбуждения по плазмолемме нейрона
3. Образование синапсов с другими клетками
4. Передача нервных импульсов другому нейрону или эффекторному органу через синапс.
5. Обмен информацией с другими клетками

Глиальные клетки = нейроглия = глиоциты

Функции глиоцитов:

1. Опорная
2. Трофическая
3. Защитная (механическая и фагоцитарная)
4. Изолирующая
5. Секреторная
6. Регенерирующая

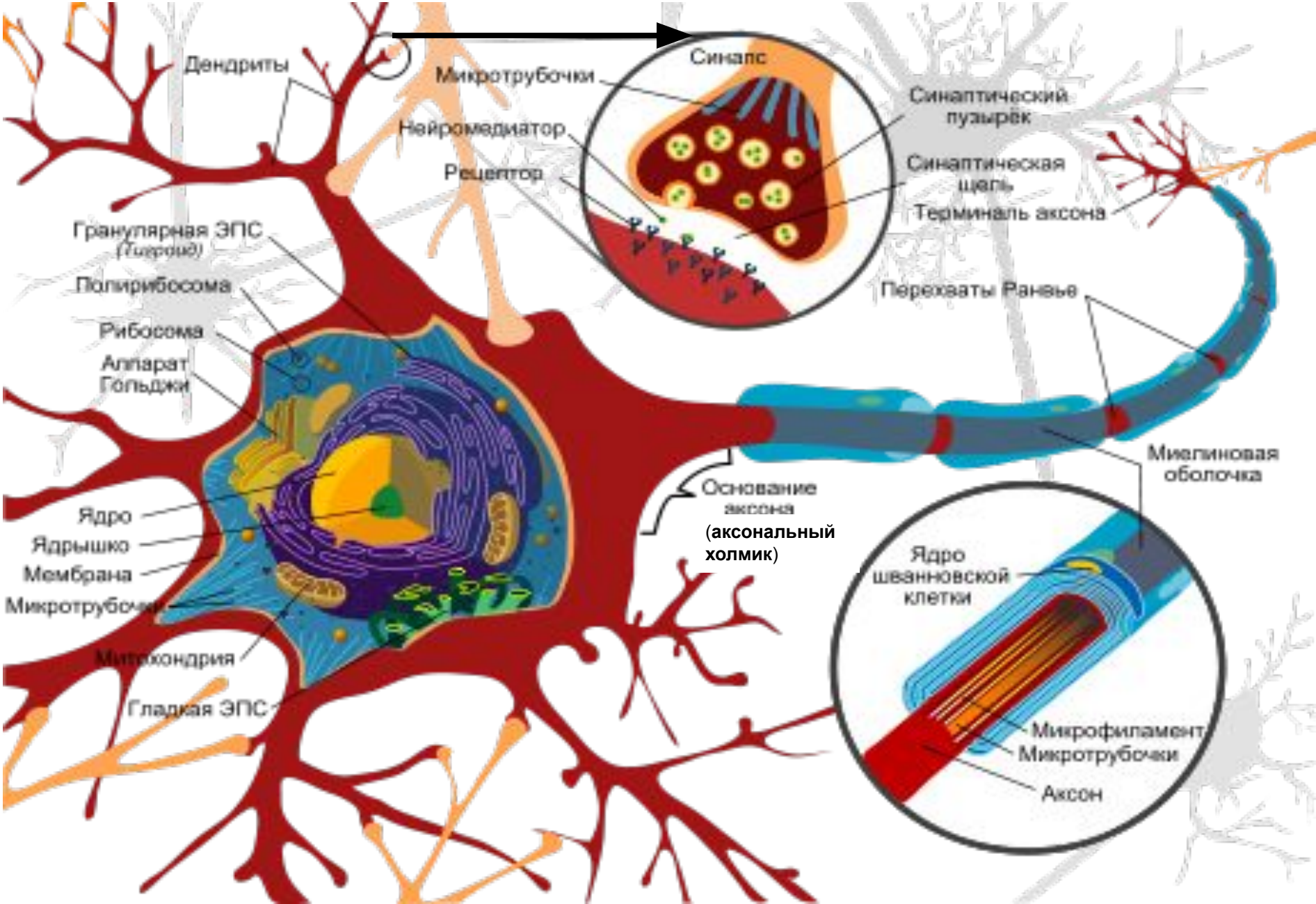
НЕРВНАЯ ТКАНЬ

ОСОБЕННОСТИ:

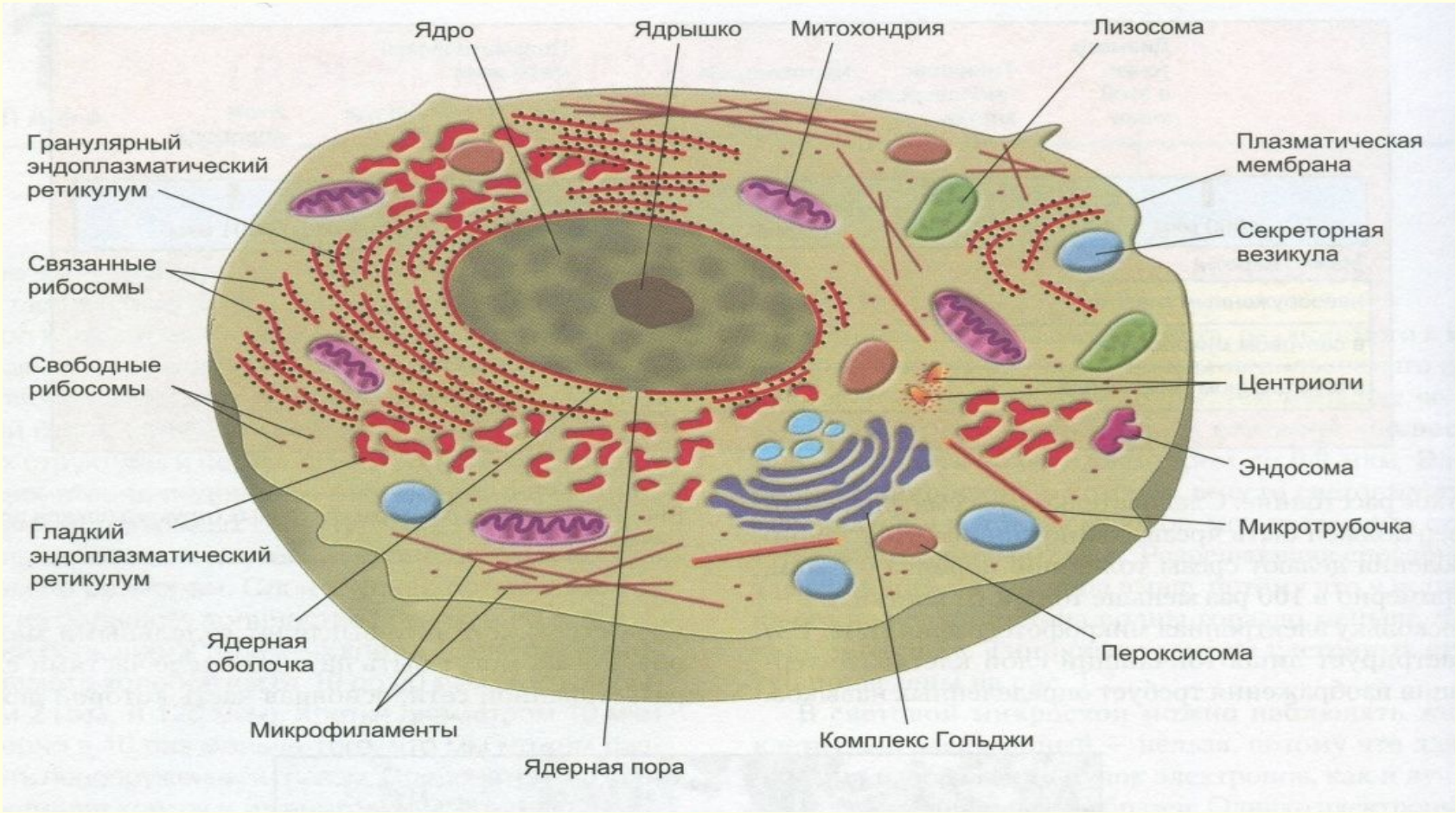
1. Нервная ткань – основная ткань, формирующая нервную систему (центральную и периферическую)
2. Строение - два типа клеток – нейроны (нейроциты) и нейроглия (глиоциты),
   нет соединительной ткани,
   нет лимфатических сосудов
3. Развитие – из нейроэктодермы
4. Межклеточные контакты – синапсы
5. Основная функция – получение, обработка и передача информации

- ***Нейрон*** - морфо-функциональная единица нервной системы, нервная клетка, специализирующаяся в восприятии и проведении нервных импульсов.
- Центральная нервная система человека включает в себя по разным подсчётам от 10 до 30 млрд. нейронов, различающихся по форме и функциям.
- Размер нейронов колеблется от 4 до 80 мкм, их тела располагаются в сером веществе мозга и в ганглиях (узлах) периферической нервной системы

ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА НЕЙРОНА

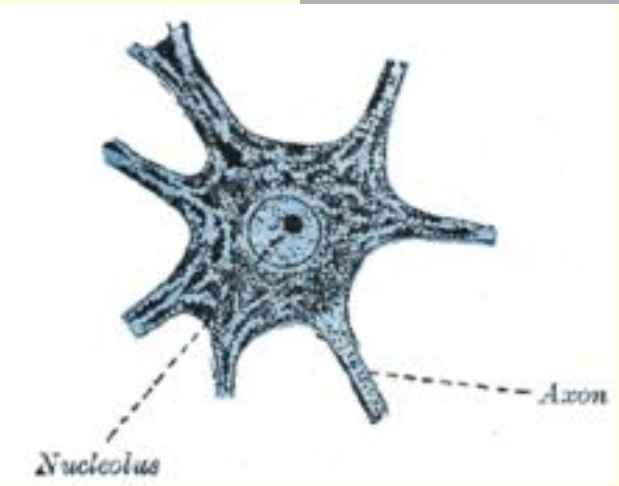


ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА НЕЙРОНА



Хроматофильное вещество

- **Хроматофильное вещество** (тигроид, или тельца Ниссля) при окрашивании нервной ткани анилиновыми красителями в цитоплазме нейронов выявляется в виде базофильных глыбок и зерен различных размеров и формы.
- При истощении нервной системы в результате длительной работы или при возбуждении происходит резкое изменение вещества Ниссля; гранулы РНП уменьшаются в количестве и объеме и могут подвергаться хроматолизу.

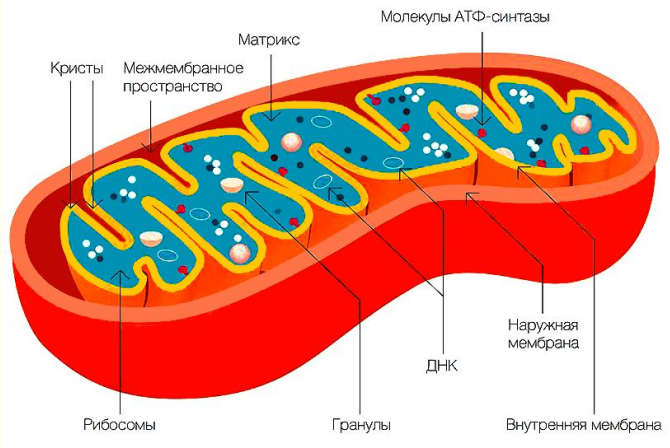


Базофилия обусловлена большим количеством РНК в составе рибосом.

Большое содержание рибонуклеопротеидов и белково-полисахаридных комплексов в базофильных глыбках свидетельствуют о интенсивно происходящих в нейронах процессах синтеза нейросекреторных белков, интегральных белков плазмолеммы и белков лизосом, обеспечивающих поддержание массы перикарионов, отростков и их синаптической функции.

Митохондрии

- Внутри **митохондрии** в процессе аэробного окисления глюкозы синтезируются молекулы АТФ – универсального переносчика энергии в организме.
- Митохондрии обеспечивают энергией такие процессы, как транспорт ионов и синтез белков.
- Основная функция митохондрий заключается в поддержании энергетического баланса клеток.
- Эти органеллы поддерживают окислительно-восстановительный баланс клетки и регулируют гомеостаз кальция.
- С работой митохондрий напрямую связаны процессы запрограммированной и не запрограммированной клеточной смерти.



Митохондрии

В нервной клетке митохондрии:

- делятся;
- сливаются;
- перемещаются внутри клетки

Нарушение динамики митохондрий изменяет их функциональное состояние и приводит к нарушениям в работе нервной клетки

Митохондрии

- *Болезнь Альцгеймера* - Характерна избыточная фрагментация митохондрий с повреждением внутренней мембраны.
- *Болезнь Паркинсона* - Связана с подавлением митохондриального разделения. Нарушение функции митохондрий приводит к накоплению окисленного дофамина. Это вызывает нарушение функции лизосом.
- *Боковой амиотрофический склероз*. Мутации в гене супероксиддисмутазы-1 нарушают функцию регуляторов слияния и разделения митохондрий, что приводит к их фрагментации.
- *Болезнь Гентингтона*. Мутации в белке HTT (*huntingtin*) нарушают динамику, а затем и функцию митохондрий.

Лизосомы

- *Лизосомы* нервных клеток (*плотные тельца)* содержат различные ферменты, необходимы для нормального протекания метаболизма в клетке.
- Лизосомы участвуют в ферментативном расщеплении компонентов клетки, рецепторов и мембран.

Эндоплазматический ретикулум (ЭПР)

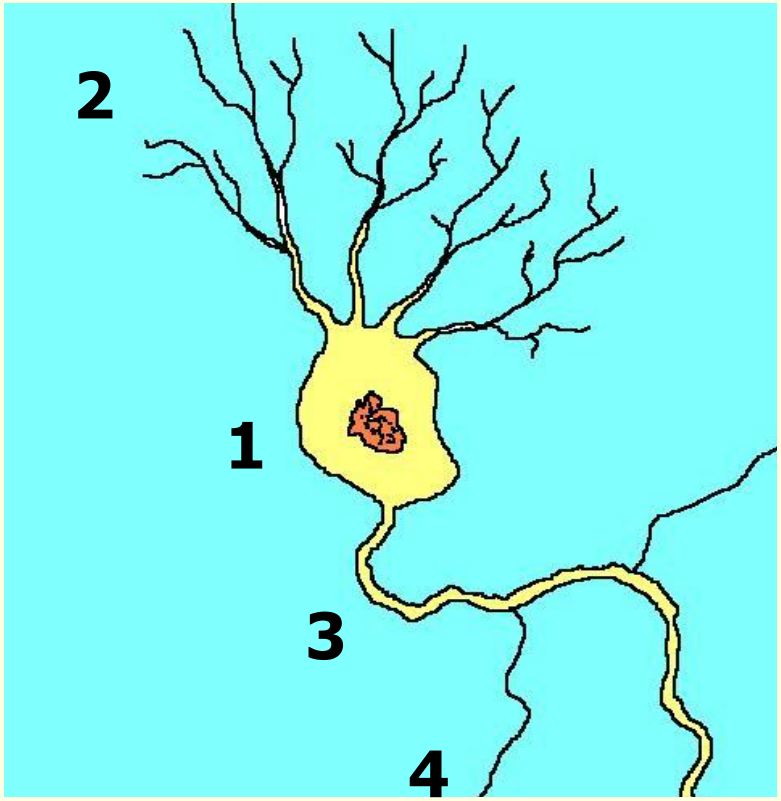
- *Эндоплазматический ретикулум - с*истема мембранных канальцев, по которым в клетке транспортируются различные вещества.
- На внутренней поверхности мембраны «шероховатого» или гранулярного ЭПР находятся *рибосомы***,** на которых синтезируются различные белковые вещества, предназначенные для секреции.
- В гладком ЭПР «аппарат Гольджи», происходит упаковка в мембранные оболочки в виде гранул тех веществ, которые предназначены для секреции.
- Пузырьки комплекса Гольджи транспортируют белки, синтезированные в гранулярной эндоплазматической сети либо к плазмолемме (интегральные белки), либо в терминали (нейропептиды, нейросекрет), либо в лизосомы (лизосомальные гидролазы и мембраны лизосом).

Сократительные элементы

- *Микрофиламенты* (нейрофибриллы) и *микротрубочки* (нейротрубочки):
- 1. образуют сократимый скелет клетки (*цитоскелет).*
- 2. обеспечивают цитоплазматический транспорт веществ, особенно в аксоне.
- 3. выполняют механическую функцию, поддерживая форму тела нейрона и отростков.
- 4. участвуют в изменении формы тела нейрона и отростков
- 5. обеспечивают движения участков цитоплазмы клетки относительно друг друга

НЕЙРОНЫ

Внешняя структура нейрона



1 – сома (тело) нейрона:
размер 5-100 мкм
функция – обработка информации.

2 – дендриты нейрона:
их обычно несколько,
относит. короткие (неск. мм), сильно ветвятся (под острым углом),
сужаются по мере удаления от сомы;
воспринимают и проводят сигналы к соме.

3 – аксон: всегда один, относит. длинный (до 1,5 м), слабо ветвится (под прямым углом),
имеет стабильный диаметр;
проводит сигналы от сомы к другим клеткам.

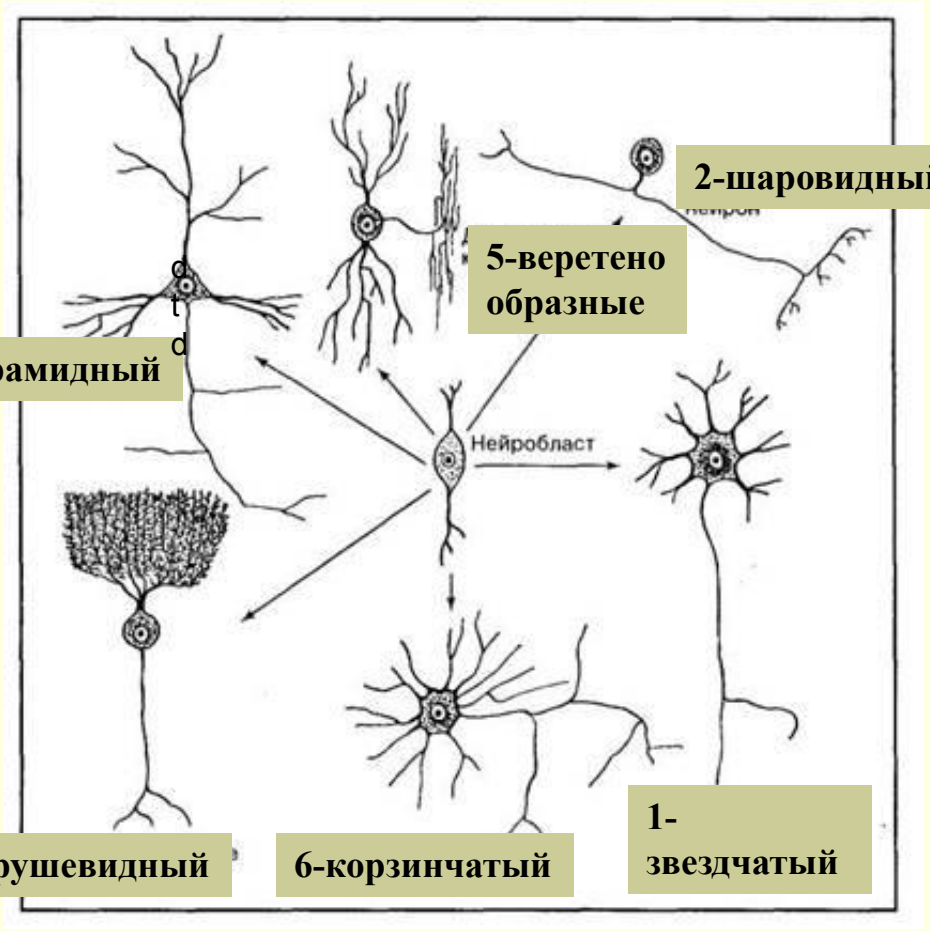
4 – коллатераль: отросток аксона.

НЕЙРОНЫ

Классификация нейронов

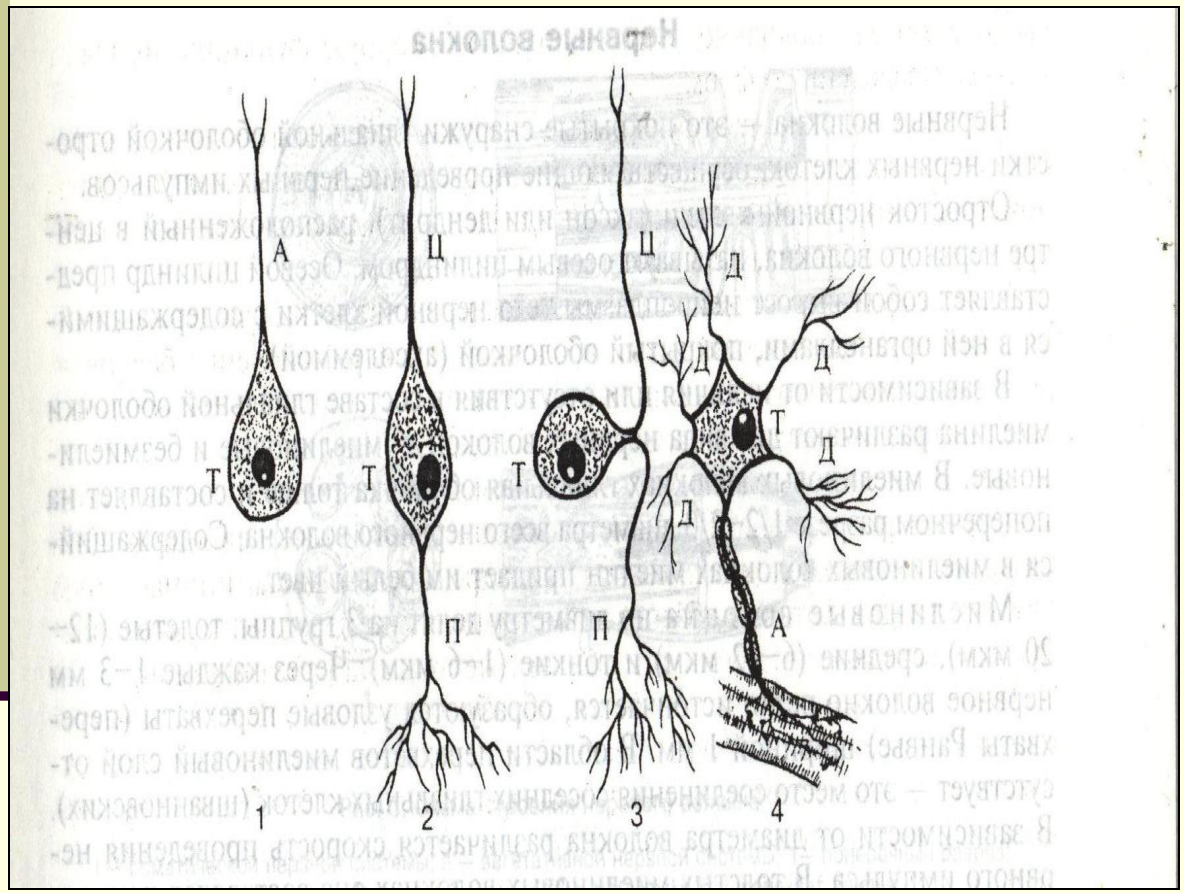
НЕЙРОНЫ

Классификация нейронов по форме сомы



НЕЙРОНЫ

Классификация нейронов по количеству отростков



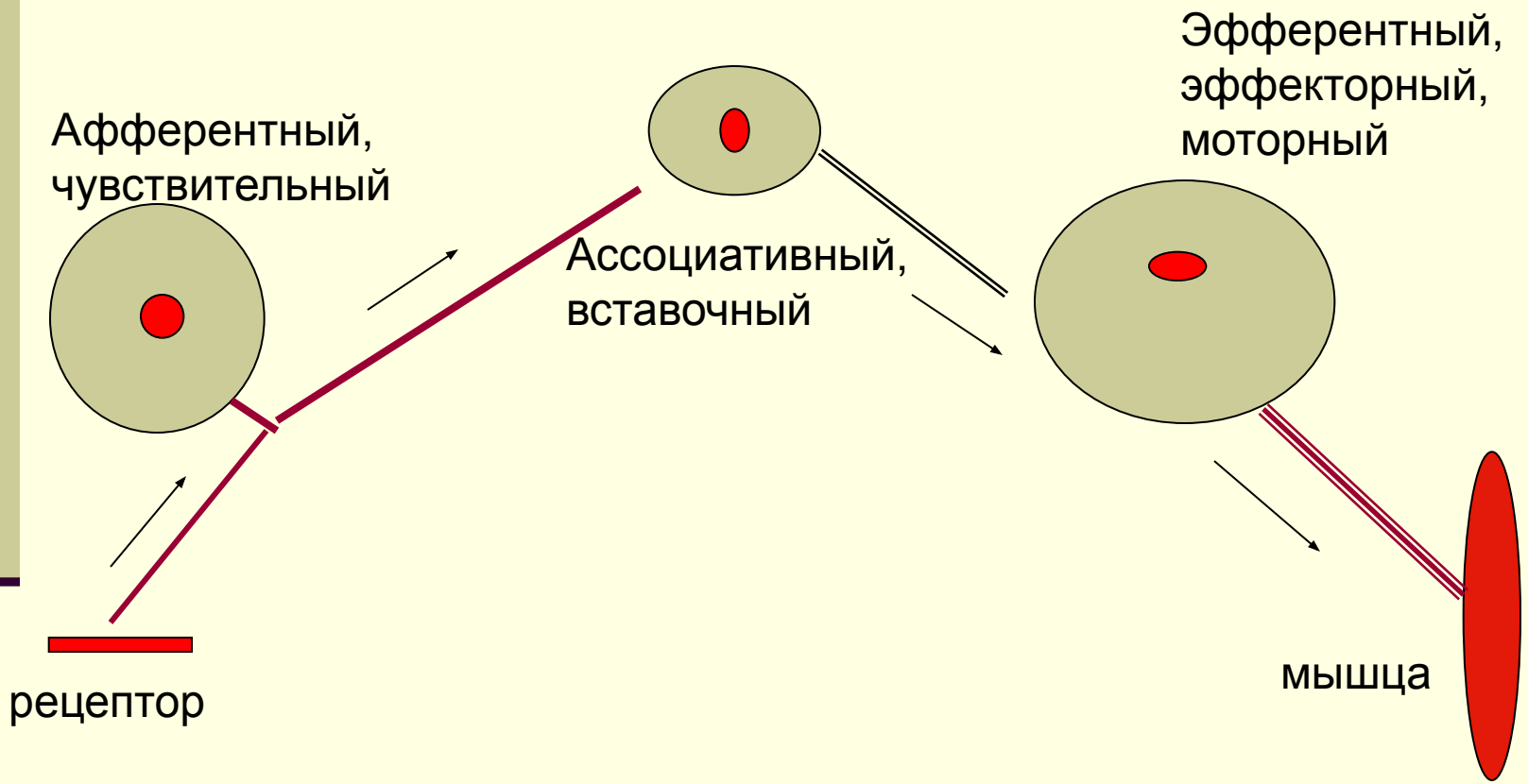
1 – униполярные
2- биполярные
3- псевдоуниполярные
4- мультиполярные

А – аксон
Т – тело нейрона
Д- дендрит

Ц – центральный отросток нейрона
П- периферический отросток нейрона

НЕЙРОНЫ

Классификация нейронов по функциям



РЕФЛЕКС

Рефлекс – это ответная реакция организма на раздражитель, поступающий из внешней или внутренней среды, реализуемая и контролируемая ЦНС.

Рефлекторная дуга – путь, по которому возбуждение проходит от рецептора до эффектора (исполнительного органа).

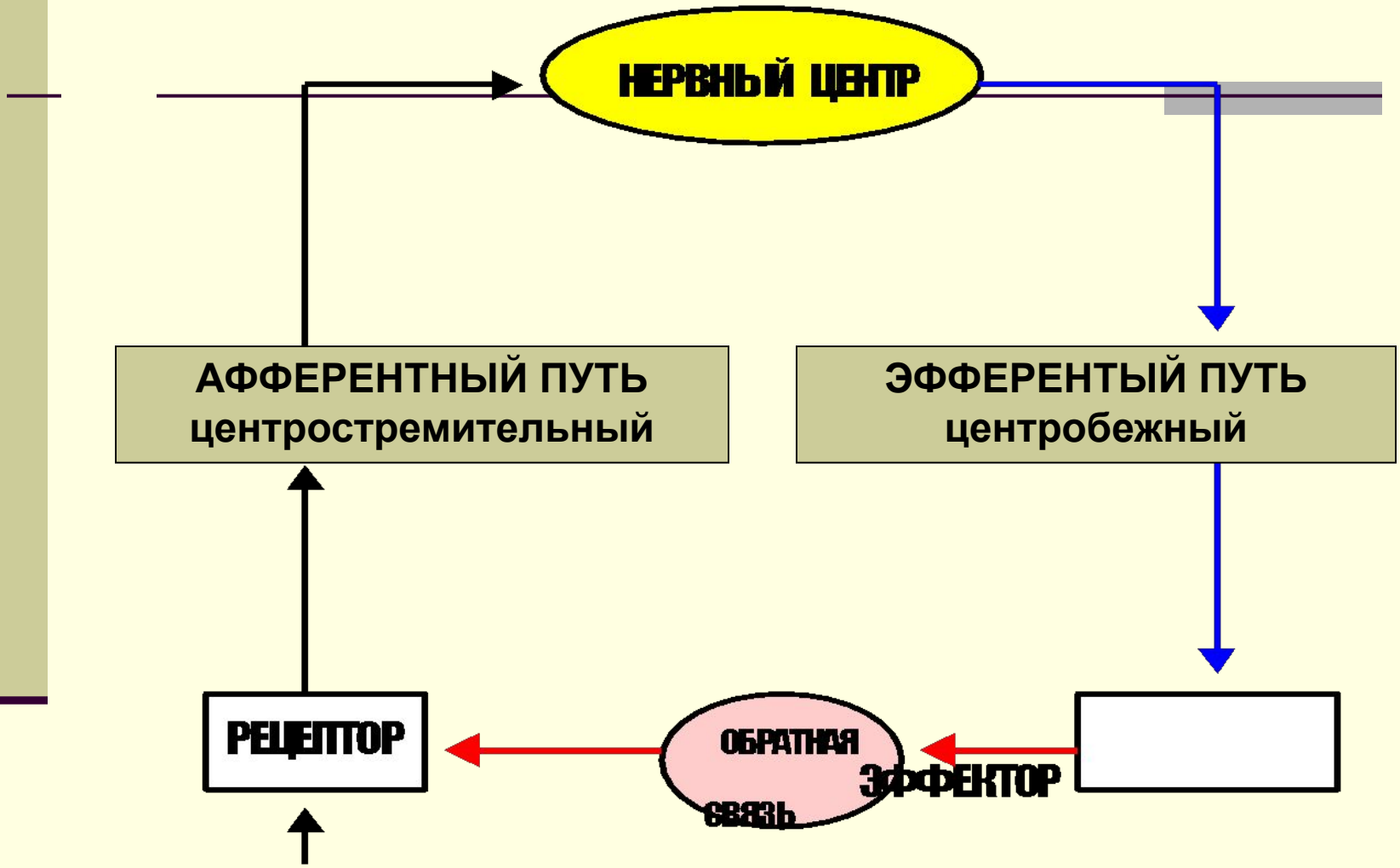
Рефлекторная дуга – это цепь нейронов, связанных между собой синапсами и обеспечивающих проведение нервного импульса от рецептора до эффектора.

Рецептор – специализированная клетка, предназначенная для восприятия раздражителя (световой, звуковой, химический и др.).

Состав рефлекторной дуги

1. **Рецептор** – воспринимает раздражение и преобразует его в нервный импульс.
2. **Афферентный** путь состоит из афферентных нейронов, передающих возбуждение в нервный центр.
3. **Нервный центр** - участок ЦНС, представленный спинным и (или) головным мозгом. Здесь происходит переключение возбуждения с чувствительных нейронов на двигательные, чаще всего при участии вставочных нейронов.
4) **Эфферентный путь** состоит из аксонов эфферентных нейронов, выходящих за пределы ЦНС и несущих возбуждение от ЦНС к рабочему органу.
5. **Эффектор** – рабочий орган (мышца, железа)

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА И РЕФЛЕКТОРНОЕ КОЛЬЦО



Принцип обратной связи:

информация от рецепторов рабочего органа поступает в нервный центр, чтобы подтвердить эффективность реакции, и при необходимости, скоординировать ее.

СИНАПС

специализированный контакт, предназначенный для передачи нервного импульса с одного нейрона на другой или на эффекторный орган.

Строение синапса:

- Пресинаптическая мембрана
- Синаптическая щель
- Постсинаптическая мембрана

Классификация по месту контакта:

1. Аксодендритный
2. Аксосоматический
3. Аксоаксонный

Классификация по происхождению:

1. Химические (передача электрического возбуждения при помощи медиатора)
2. Электрические (прямая передача электрического возбуждения)

Классификация по виду сигнала:

1. Возбуждающего типа
2. Тормозного типа

Классификация по локализации в НС:

1. Центральные
2. Периферические

Классификация синапсов по месту контакта на нейроне

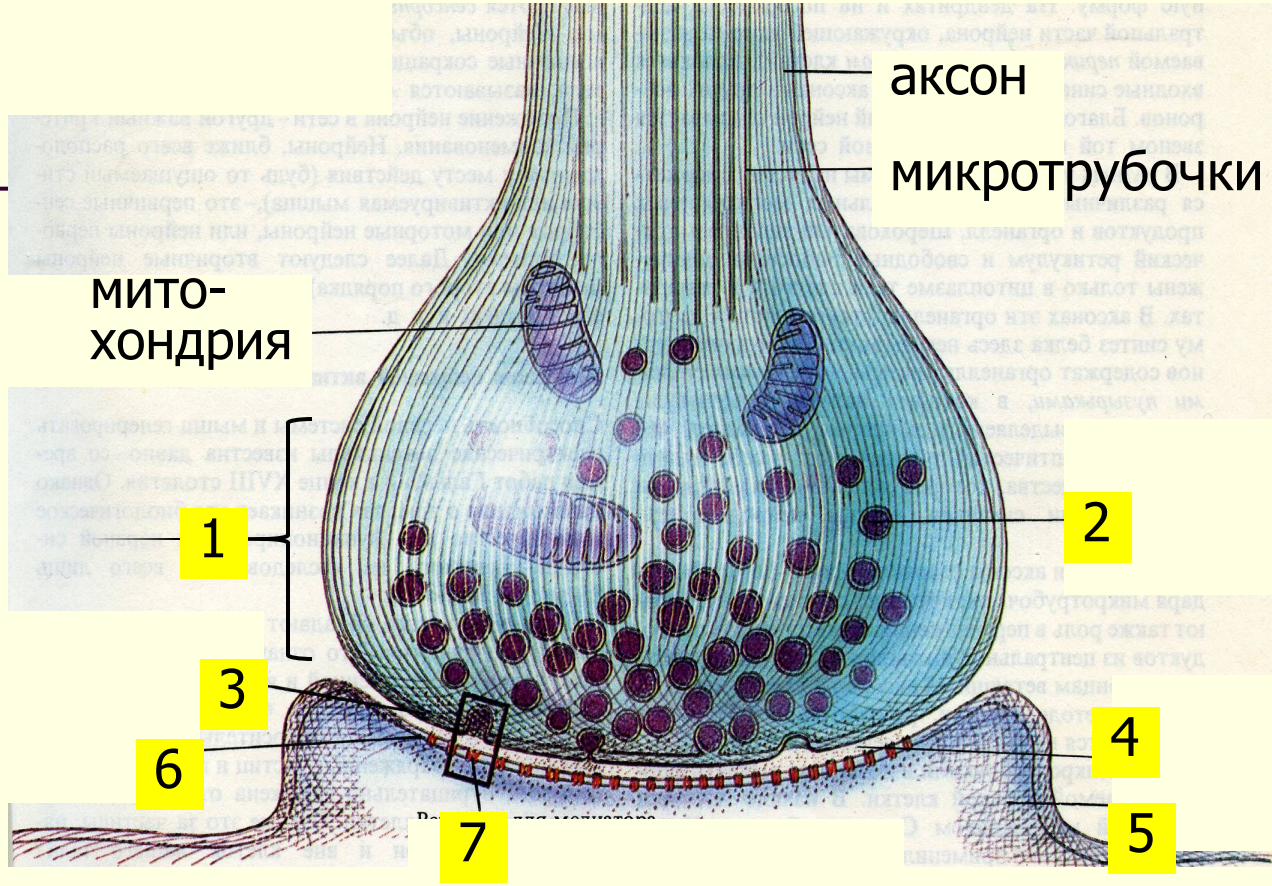
А, Г – аксодендритный синапс

Б- аксосоматический синпас

В–аксоаксонный синапс

ХИМИЧЕСКИЙ СИНАПС

<u>химический синапс</u>: передача сигнала идет за счет выделения **медиатора**

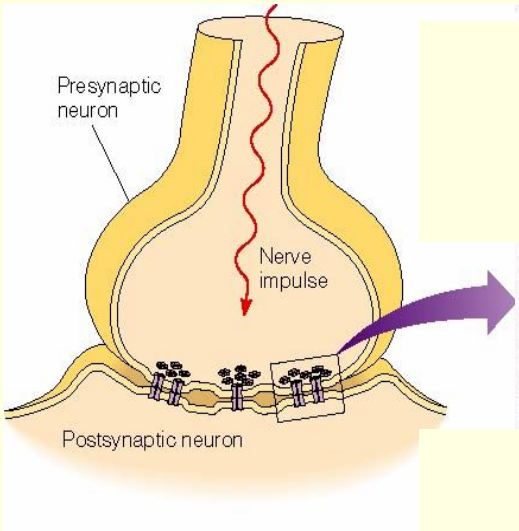


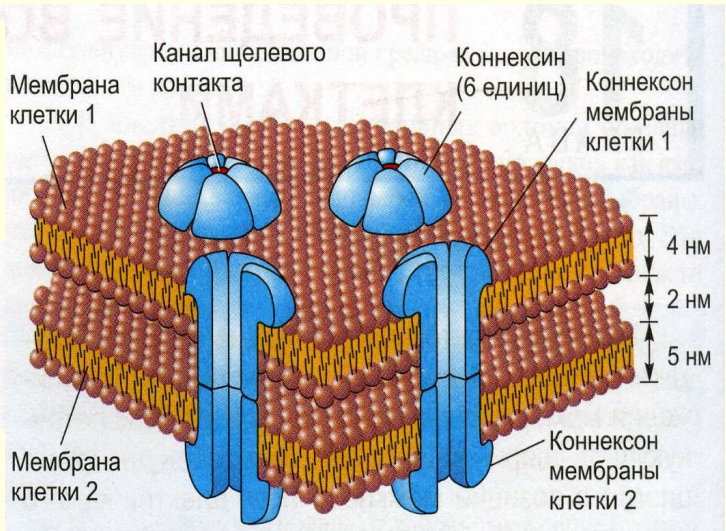
1 – пресинаптическое окончание аксона
2 – пузырьки-везикулы с медиатором
3 – пресинаптическая мембрана
4 – синаптическая щель
5 – постсинаптическая клетка
6 – постсинаптическая мембрана
7 – белки-рецепторы постсинаптической мембраны

Электрический синапс:

прямая передача электрического возбуждения.

Электрическ. синапсы редки в нервной системе позвоночных и обычны для беспозвоночных («сверхбыстрые» рефлекторные дуги, но при этом – нет возможности учесть дополнительные факторы).



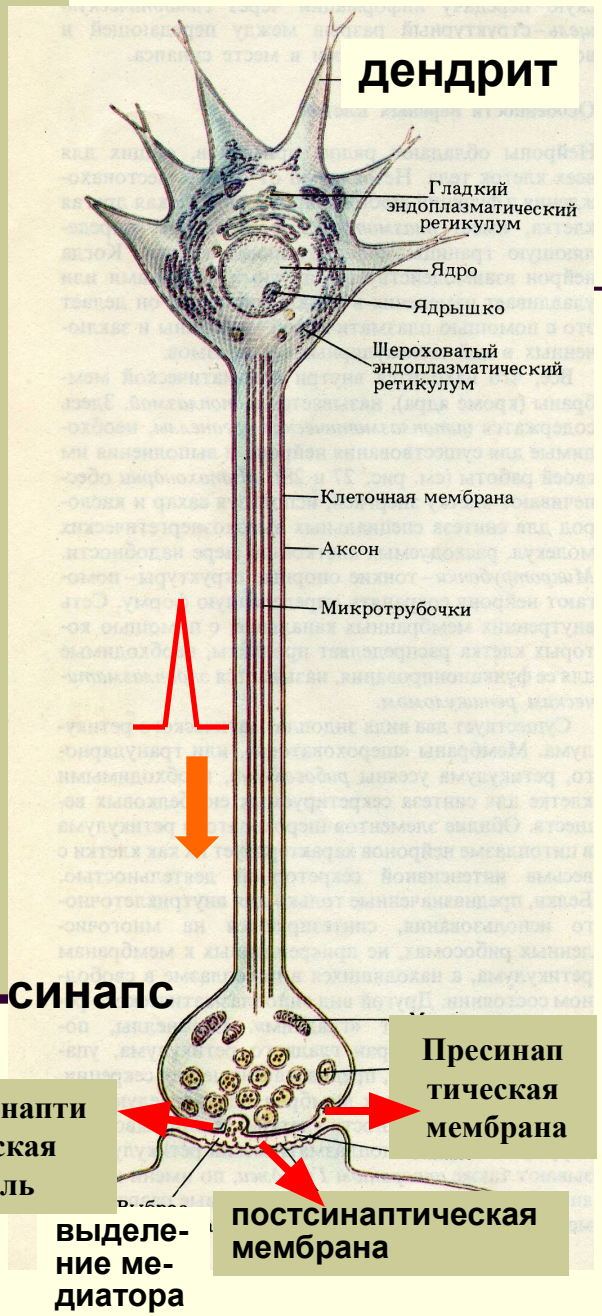


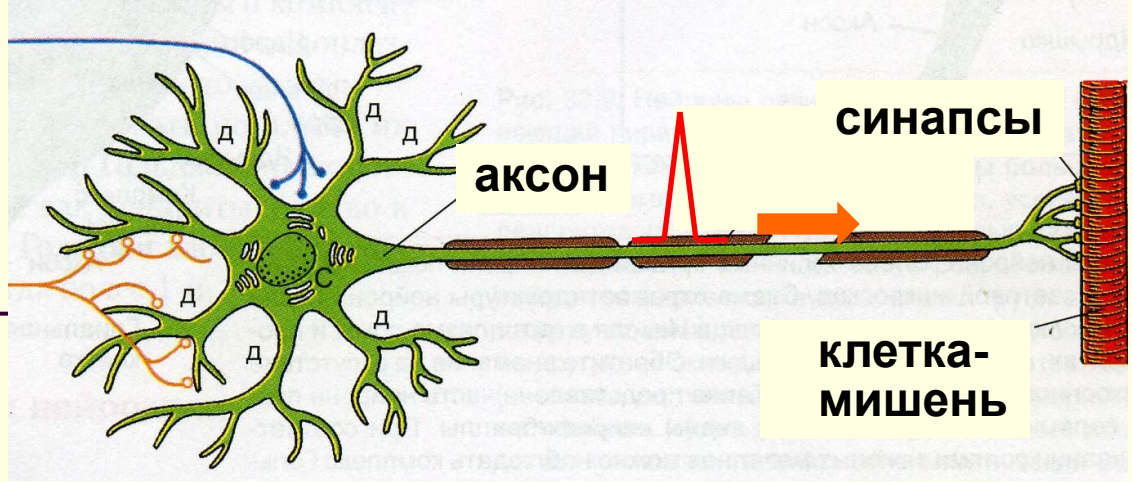
Основная область электрического синапса – «щелевой контакт», в котором мембраны клеток находятся на расстоянии **2 нм** (химический синапс – 20-30 нм).

В мембраны друг напротив друга встроены каналы-коннексоны (каждый состоит из 6 белков-коннексинов).

Через коннексоны легко движутся любые ионы, что позволяет ПД напрямую переходить с клетки на клетку.

Наиболее яркий пример работы коннексонов в нашем организме – сердечная мышца.





Главное «действующее лицо» в синаптической передаче – **медиатор.**

В синапсе из окончания аксона при приходе потенциала действия выделяется вещество-медиатор, которое может **возбуждать** либо **тормозить** активность клетки-мишени.

- главный возбуждающий медиатор ЦНС – **глутаминовая кислота**;
- главный тормозный медиатор ЦНС – гамма-аминомасляная кислота (**ГАМК**);
- медиатор нервно-мышечных синапсов – **ацетилхолин**;
- медиаторы вегетативных синапсов – **ацетилхолин и норадреналин**.

НЕЙРОГЛИЯ

ГЛИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

1. **МАКРОГЛИЯ**:
   - **астроцит**
   - **олигодендроцит**
   - **эпендимоцит**
2. **МИКРОГЛИЯ**:
   - **микроглиоциты = макрофаги**

ГЛИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

- **нейролеммоцит Шванна**

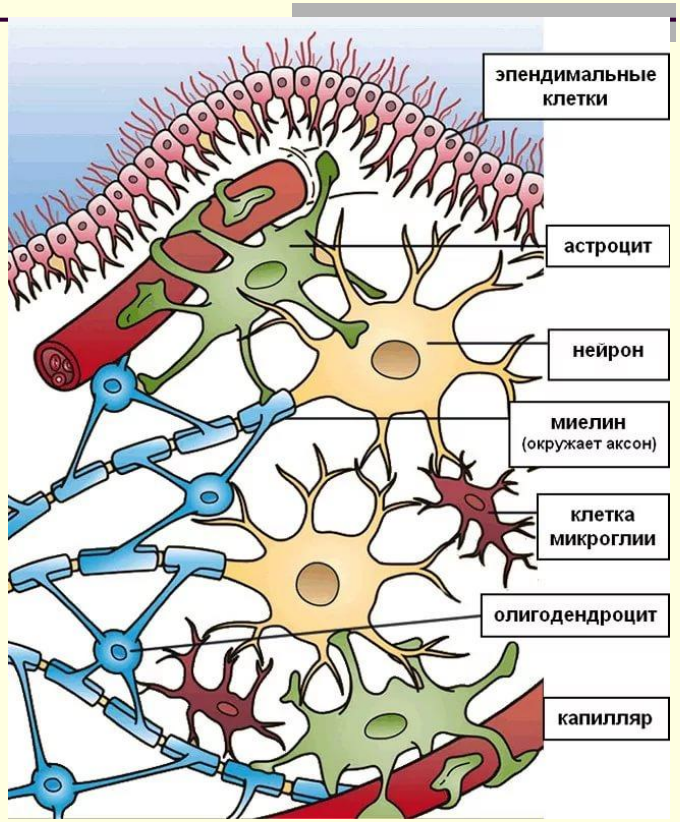
эпендимоцит

астроцит

олигодендроцит

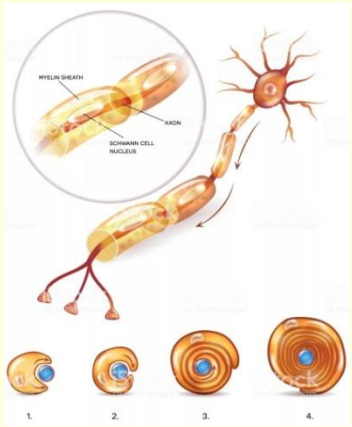
НЕЙРОГЛИЯ

- **ГЛИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**
- **Астроцит – трофическая функция**
- **Олигодендроцит – изолирующая функция**
- **Эпендимоцит – выстилка полостей, образование ликвора**
- **микроглиоциты = макрофаги – фагоцитарная функция**



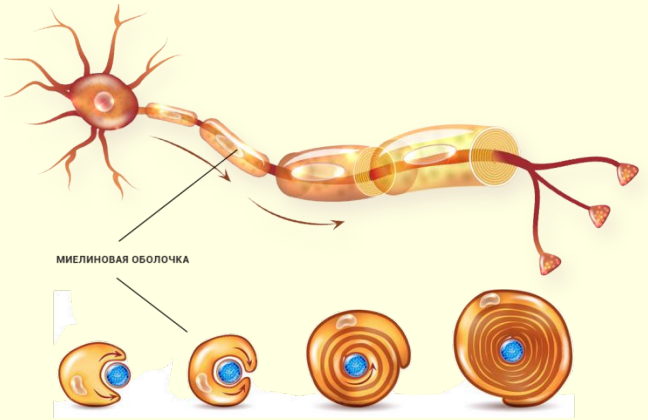
- **ГЛИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

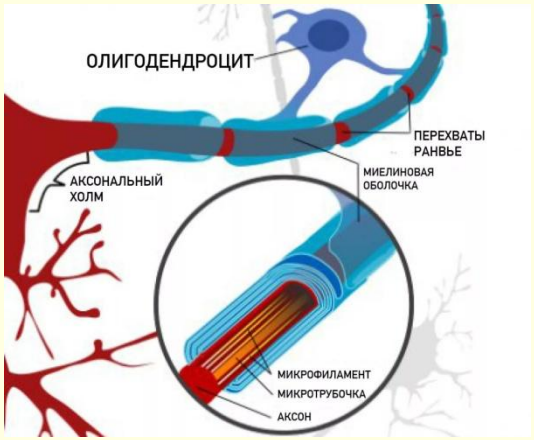
нейролеммоцит Шванна (шванновская клетка)



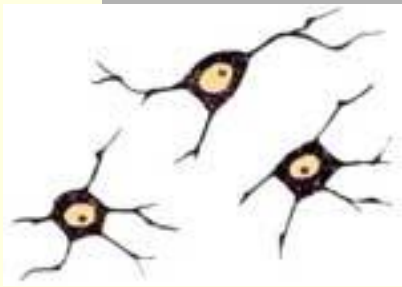
Миелин

- Скорость распространения импульса (потенциала действия) по немиелинизированному волокну низка и не превышает у человека 1-2 м/с *(при диаметре волокна1-2 мкм).*
- Миелиновая оболочка (несколько десятков мембранных слоев) – хороший изолятор.
- Электрические токи могут течь только через перехваты Ранвье; электрочувствительные каналы также расположены только на перехватах.
- По миелинизированному аксону импульс передается скачками с перехвата на перехват.
- Протяженность перехватов Ранвье = 1% от общей длины аксона. В итоге это приводит к росту скорости проведения импульса (потенциала действия) до 100-120 м/с.



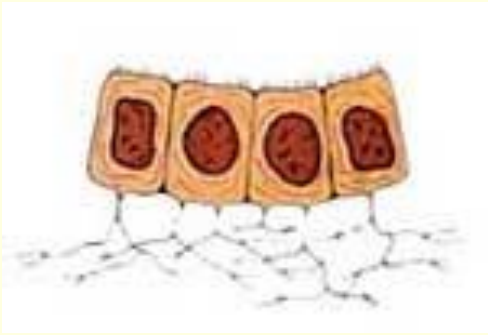


- **Олигодендроциты** – это поддерживающие и изолирующие клетки, расположенные в ЦНС; аналогичные клетки в периферической нервной системе называются *шванновскими клетками*

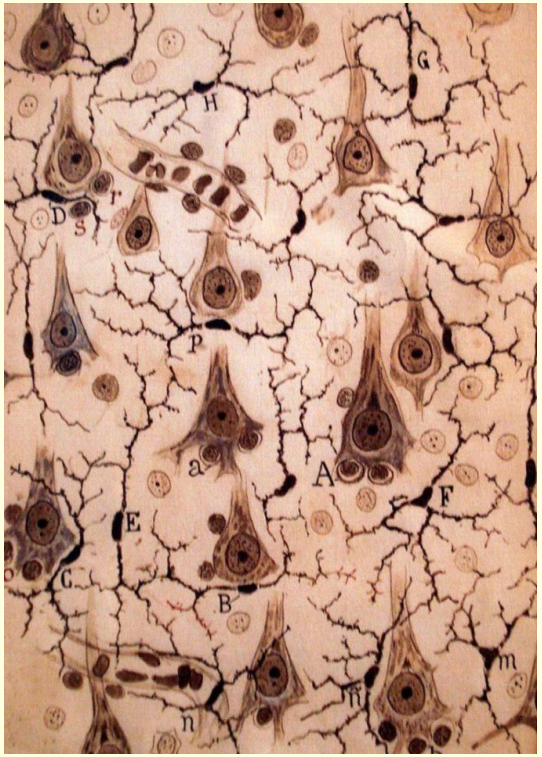


- **Астроциты** обеспечивают нейроны питательными веществами, поступающими по сосудам (трофическая функция) и одновременно участвуют в формировании гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), препятствующего поступлению из крови вредных веществ (защитная функция).

- **Эпендимные клетки** образуют непрерывную выстилку стенок желудочков мозга и центрального канала спинного мозга. Выполняют транспортную и секреторную функцию, принимая участие в образовании спинномозговой жидкости.

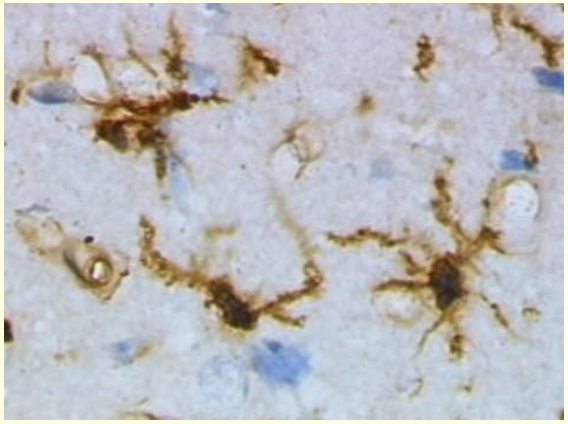


- **Микроглия** представлена мелкими клетками с множеством отростков. Клетки микроглии выполняют в ЦНС фагоцитарную функцию, удаляя погибшие нервные и глиальные клетки, вирусы и бактерии.

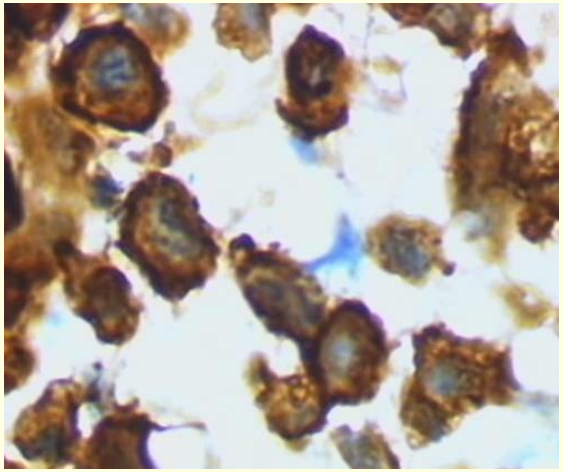


Микроглия. Рисунок Сантьяго Рамон-и-Кахаля

- Микроглиальные клетки пребывают в 2 состояниях:
- 1. «покоящаяся» микроглия - тело клетки чаще продолговатой формы, 6 мкм в диаметре. В ней отмечается высокое содержание лизосом в цитоплазме, а отростки клеток покрывают площадь порядка 15 мкм и практически не пересекаются друг с другом.

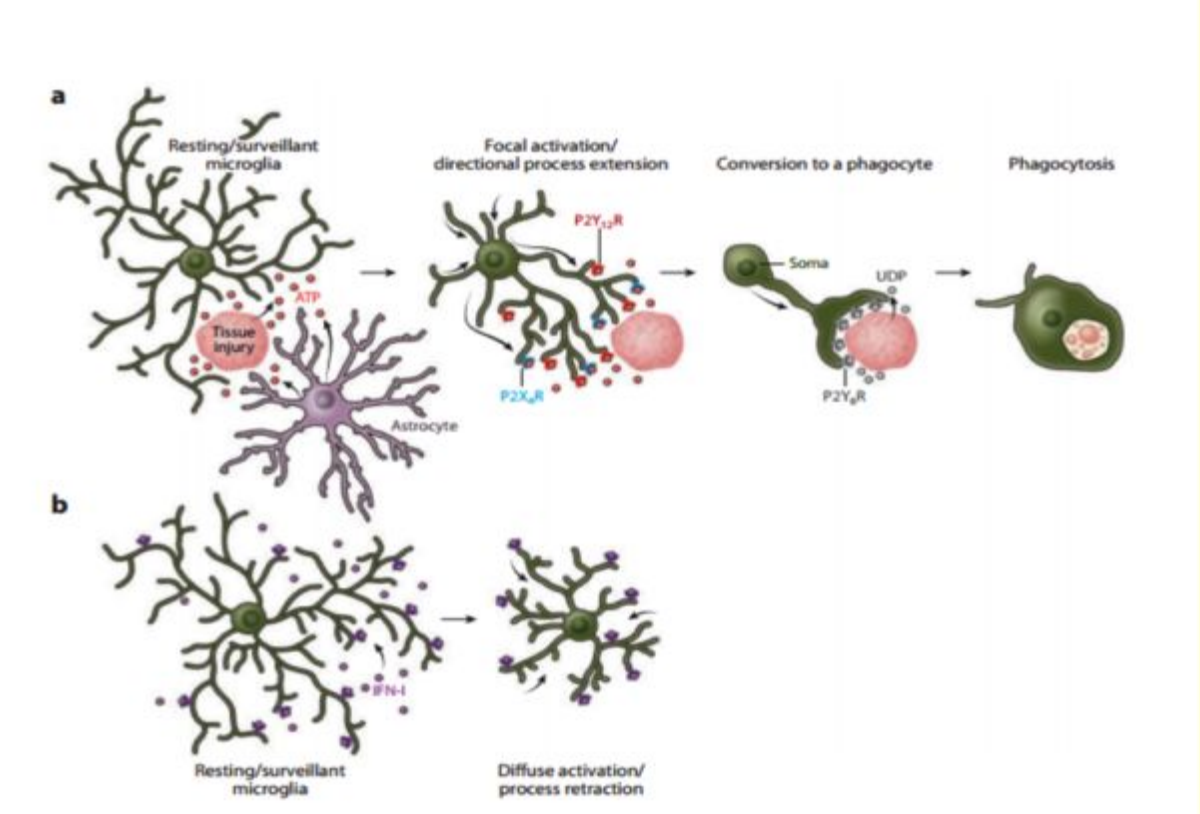


- 2 «активированная» микроглия - клетки амёбоидной формы, напоминают макрофаги. Диаметр тела 10 мкм, охватываемая ими площадь - порядка 30 мкм. Ядро и концентрация лизосом в цитоплазме остаются неизменными.



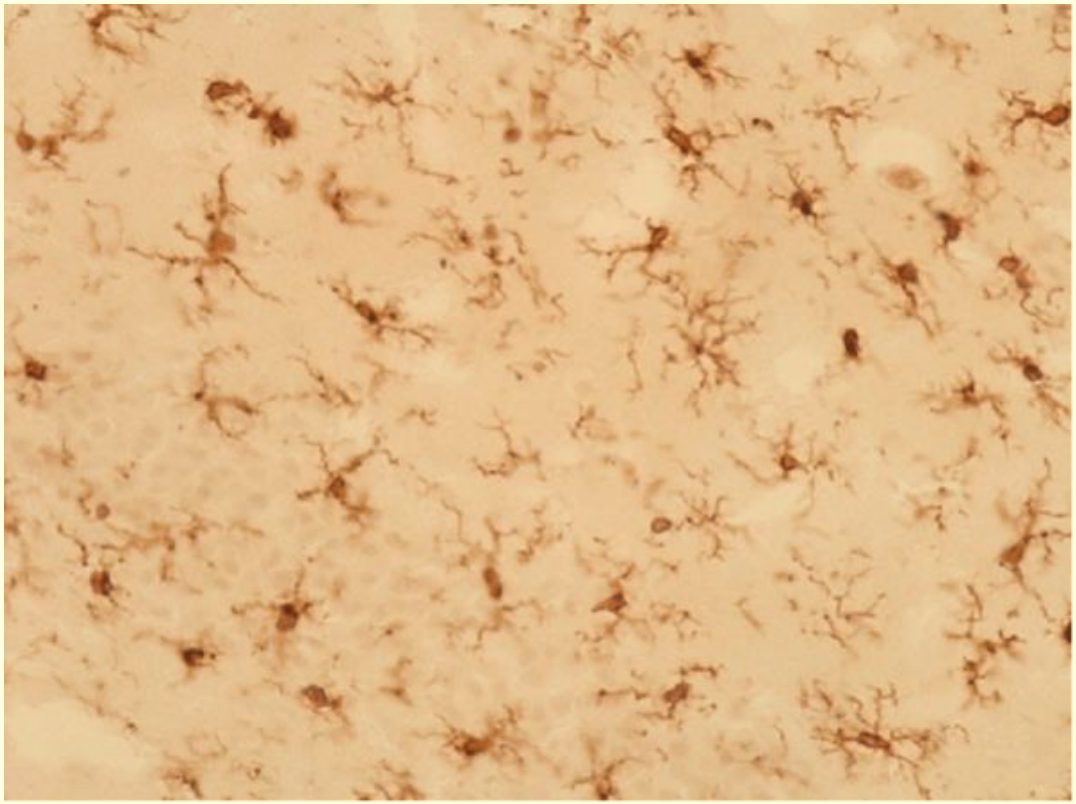
Фиункции микроглиоцитов

- 1. Фагоцитоз



Активация микроглии при повреждении или инфицировании ЦНС. a - частичная активация микроглии в результате стерильной травмы ЦНС, b — её диффузная активация в результате вирусной инфекции.

- 2. Чистка межклеточной среды



Микроглиоциты, «распределённые» по своим территориям для патрулирования в мозге: иммуногистохимическая детекция, реакция с антителами

- *3. Сигнальные* «огни» - Важную роль микроглиальные клетки играют в поддержании гомеостаза в неинфицированных областях ЦНС и способствуют воспалению в инфицированных или повреждённых тканях нервной системы. Они делают это с помощью сложной серии сигналов внеклеточными сигнальными молекулами, которые позволяют им обмениваться информацией с другими микроглиоцитами, астроцитами, нейронами, Т-клетками и миелоидными клетками-предшественниками.

- ***4. Цитотоксичность -*** Микроглиоциты выделяют большое количество перекиси водорода и оксида азота в процессе, известном как «респираторный взрыв». Оба эти химические вещества могут непосредственно повреждать клетки и приводить к гибели нейронов.

- *5. Ремоделирование и уничтожение синаптических связей* - после воспаления микроглия ремоделирует либо уничтожает синапсы и синаптические связи здоровых клеток, контактирующих с повреждёнными. Это помогает перестраивать нейронные связи после повреждения и перераспределяет функции, утраченные нейроном, между нейронами, не подвергшимися повреждению. Именно это и есть один из принципов нейропластичности.

НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

НЕРВНОЕ ВОЛОКНО = длинный отросток нейрона вместе с оболочкой

1. **Морфологическая классификация :**

-мякотные (миелинизированные)

-безмякотные (немиелинизированные)

2. **Функциональная классификация:**

-афферентные (чувствительные, восходящие)

-эфферентные (двигательные, нисходящие)

Белое вещество нервной системы образовано миелинизированными нервными волокнами и нейроглиальными клетками.

Серое вещество нервной системы образовано немиелинизированными частями нейрона - телами и дендритами и нейроглиальными клетками.

НЕРВЫ

это нервные волокна, выходящие за пределы ЦНС

Классификация нервов

1. По локализации :

-Спинномозговые (31 пара)

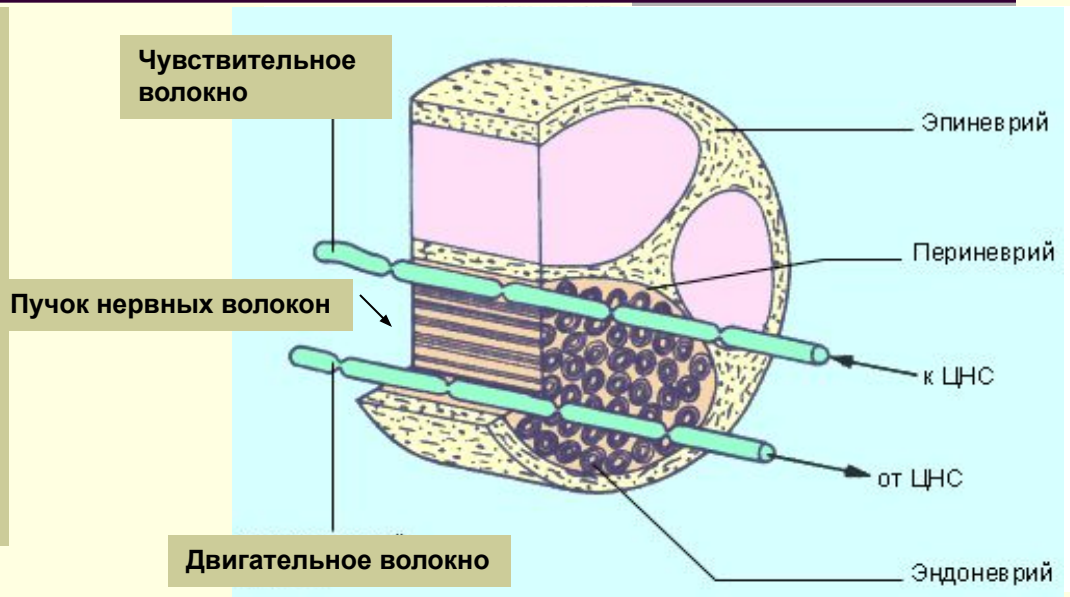
- черепно-мозговые (12 пар)

2. По количественному соотношению волокон:

-чувствительные

- двигательные

- смешанные



НЕРВ – это покрытая оболочкой структура, состоящая из пучков нервных волокон, кровеносных сосудов и поддерживающей их нейроглии.

НЕРВНЫЕ СЕТИ

Нейроны формируют совокупности – нервные цепи или сети.

Выделяют:

-**Локальные сети** (образованы нейронами, расположенными на небольшом расстоянии)

-**Удаленные сети** (соединяют нейроны из разных областей мозга), образуют **нервные пути**.

Нервные пути делятся на:

- **Восходящие** – информация передается от нижележащих структур мозга к вышележащим

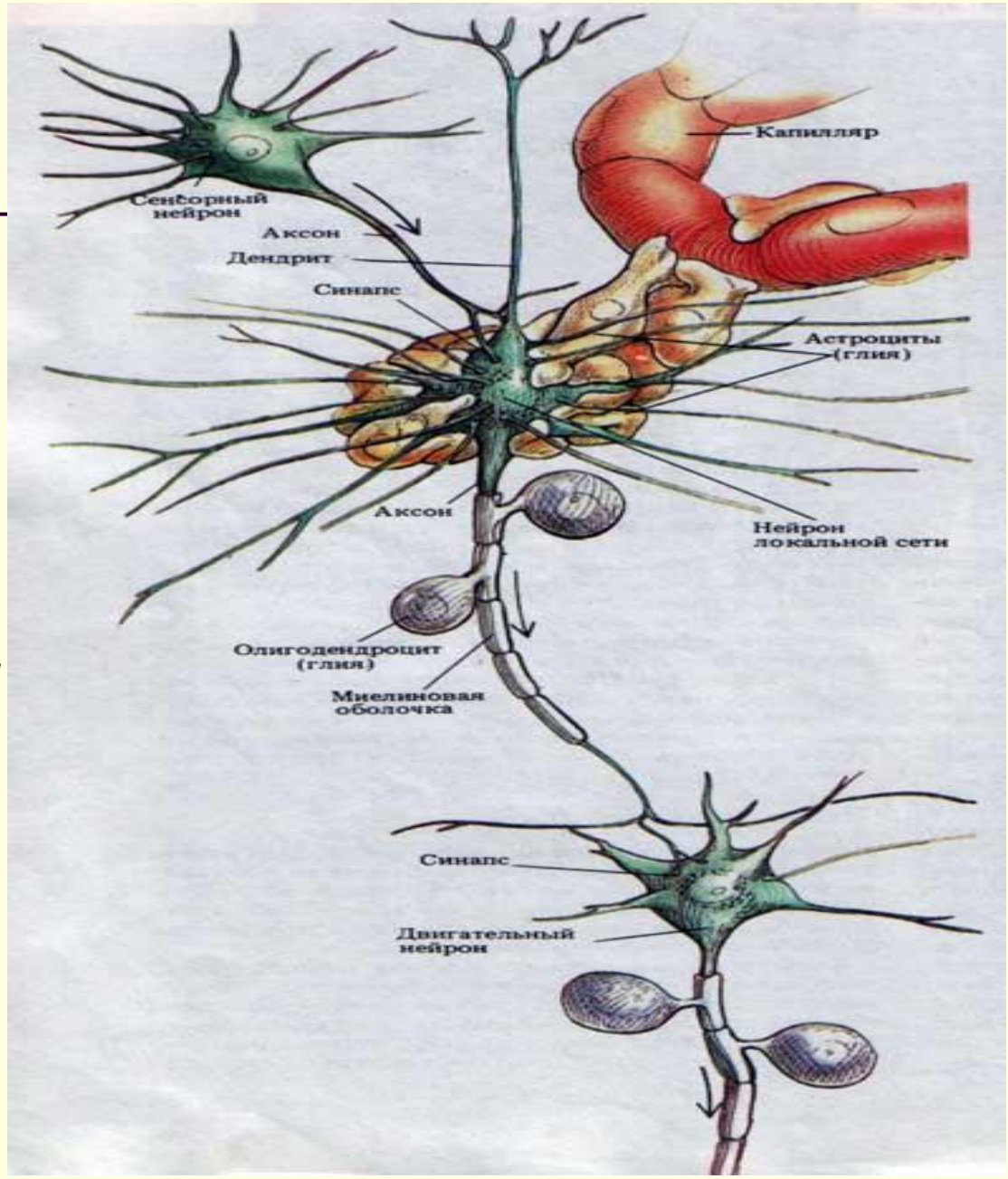
-**Нисходящие** – связывают кору больших полушарий со спинным мозгом.

Центральные нервные тракты или проводящие нервные пути - (**скопление нервных волокон в ЦНС**) делятся на:

- **Ассоциативные** (соединяют различные участки в пределах одной половины спинного или головного мозга);

-Комиссуральные – соединяют между собой участки правой и левой половин спинного или головного мозга;

-**Проекционные** – связывают структуры ЦНС, лежащие на разных уровнях.

Пример локальной нервной сети

*Крупный нейрон с множеством дендритов (**в центре**) получает информацию через синаптический контакт с **другим нейроном** (в левом верхнем углу).*
*С помощью миелизированного аксона образуется синаптический контакт **с третьим нейроном** (внизу).*