

**ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ
СИСТЕМЫ (ЦНС):
Рефлекс. Нейрон. Синапс. Механизм
проведения возбуждения через синапс**

Проф. Мухина И.В.

Лекция №6

Лечебный, педиатрический факультеты

2013

7 октября 2013

- **Нобелевская премия** по физиологии и медицине за 2013 год присуждена работающим в США **Джеймсу Ротману и Томасу Зюдофу** за открытия, касающиеся механизмов **везикулярного транспорта внутри клеток и между ними.**
- **Ренди Шекману** за открытия в области **механизмов регуляции межклеточных взаимодействий.**



6 октября 2014

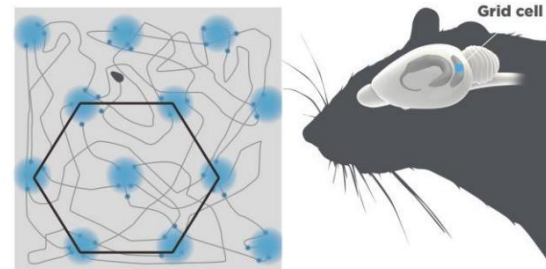
Нобелевский комитет при
Каролинском медицинском
институте в Стокгольме

Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2014
год присуждена за открытие «внутреннего GPS» –
системы позиционирования в мозгу млекопитающих.

Лауреаты этого года,
Джон о'Киф и супруги
Мэй-Брит и Эдвард
Мозер, описали систему,
которая позволяет
животным (в первую
очередь, крысам, на
которых были выполнены
их эксперименты)
ориентироваться в
пространстве, полагаясь
не на органы чувств, а на
внутреннее
представление о
пространстве,
КОГНИТИВНУЮ КАРТУ.

place-нейроны

grid-нейроны



«Что? Когда? Где?»

The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine



John O'Keefe



May-Britt Moser



Edvard I. Moser

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

по функциональному принципу



по топографическому принципу



Функции ЦНС:

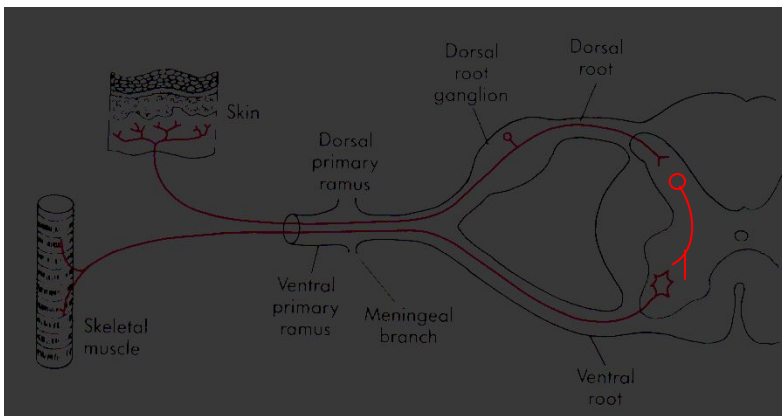
- 1). Объединение и согласование всех функций тканей, органов и систем организма.
- 2). Связь организма с внешней средой, регуляция функций организма в соответствии с его внутренними потребностями.
- 3). Основа психической деятельности.

Основной вид деятельности ЦНС – рефлекс

- Рене Декарт (1596-1650) - впервые понятие рефлекса как отражательной деятельности;
 - Георг Прохаски (1749-1820);
 - И.М. Сеченов (1863) «Рефлексы головного мозга», в котором впервые провозглашен тезис о том, что все виды сознательной и бессознательной жизни человека представляют собой рефлекторные реакции.
- Рефлексом** (от лат. *reflecto* - отражение) называется ответная реакция организма, возникающая на раздражение рецепторов и осуществляемая с **участием ЦНС**.

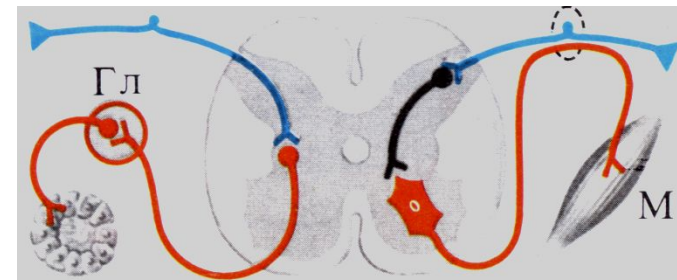
Морфологически состоит из:

- **рецепторных образований**, назначение которых заключается в трансформации энергии внешних раздражений (информации) в энергию нервного импульса;
- **афферентного (чувствительного) нейрона**, проводящего нервный импульс в нервный центр;
- **интернейрона (вставочного) нейрона** или **нервного центра**, представляющего собой центральную часть рефлекторной дуги;
- **эфферентного (двигательного) нейрона**, проводящего нервный импульс до эффектора;
- **эффектора (рабочего органа)**, осуществляющего соответствующую деятельность.



Вегетативный рефлекс

Соматический рефлекс



Передача нервного импульса осуществляется с помощью **нейротрансмиттеров** или **медиаторов** – химических веществ, выделяющихся нервными окончаниями в химическом синапсе

В основе рефлекторной теории Сеченова-Павлова лежат три принципа:

1. Структурности (структурной основой рефлекса является рефлекторная дуга)
2. Детерминизма (принцип причинно-следственных отношений). Ни одна ответная реакция организма не бывает без причины.
3. Анализа и синтеза (любое воздействие на организм сначала анализируется, затем обобщается).
 - **Академик П.К. Анохин добавил к этой теории принцип обратной связи (отображающий точность реакций и адаптацию)**

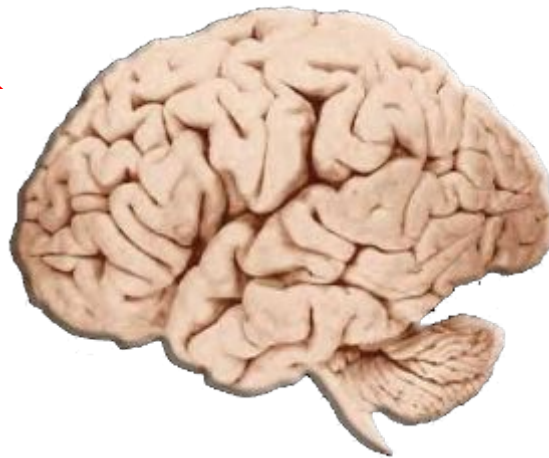
УРОВНИ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦНС

Организм

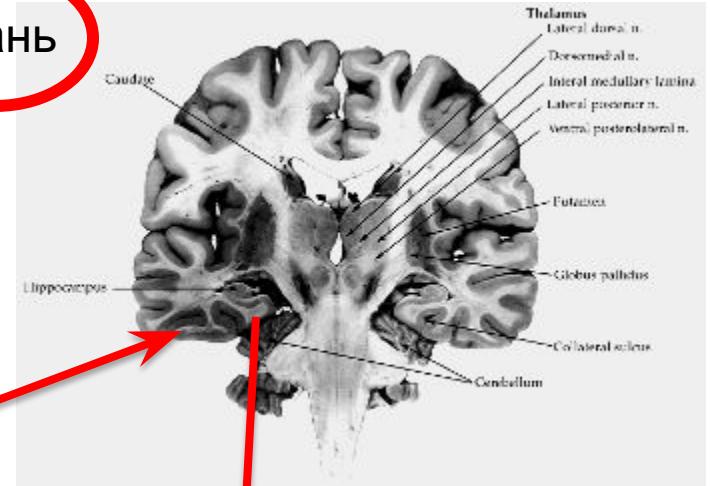
Homo sapiens sapiens



Орган



Ткань



Молекула

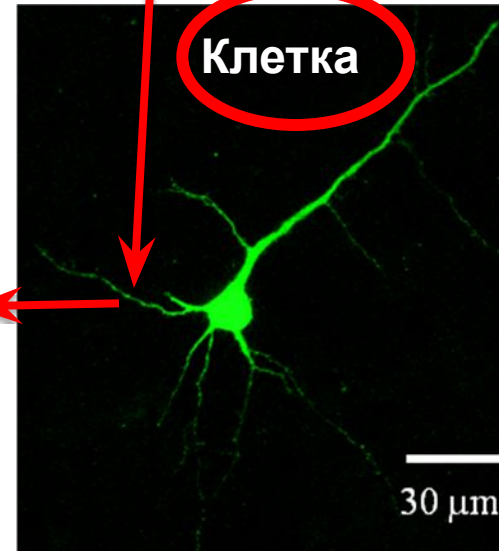
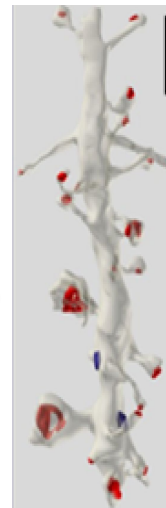


NMDAR

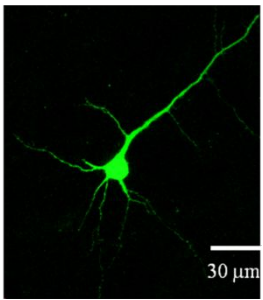
Межклеточное
соединение



Клетка

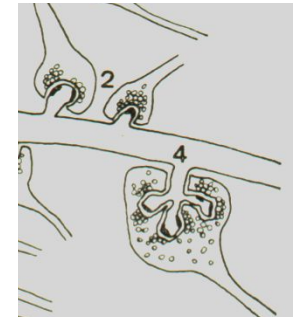
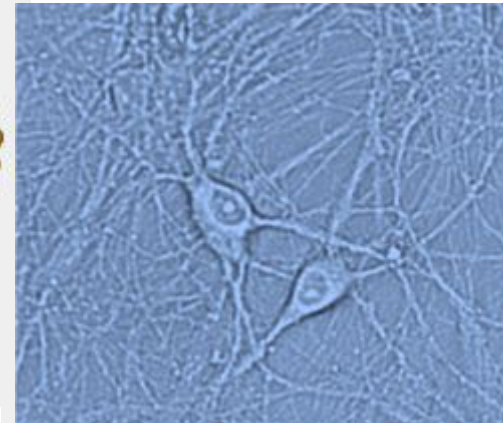
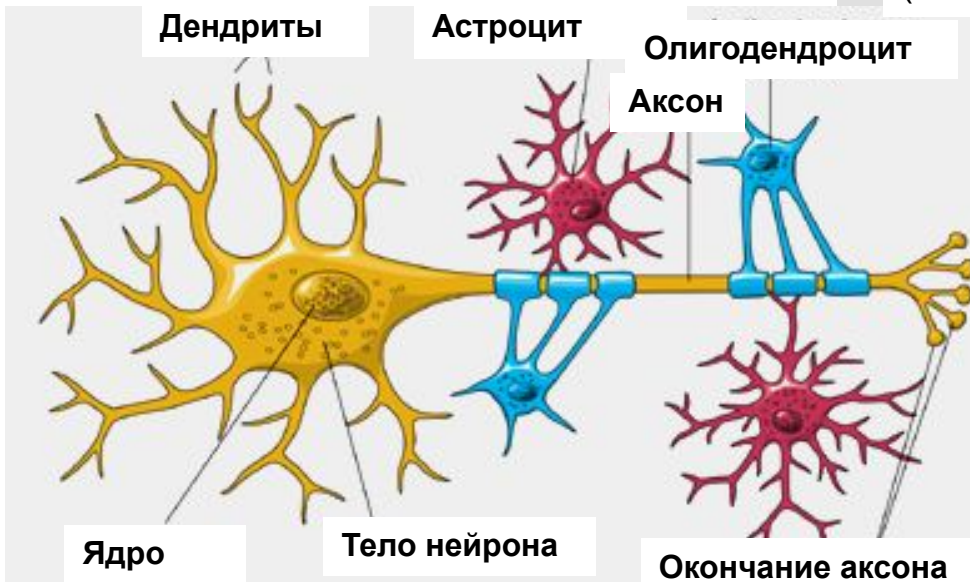
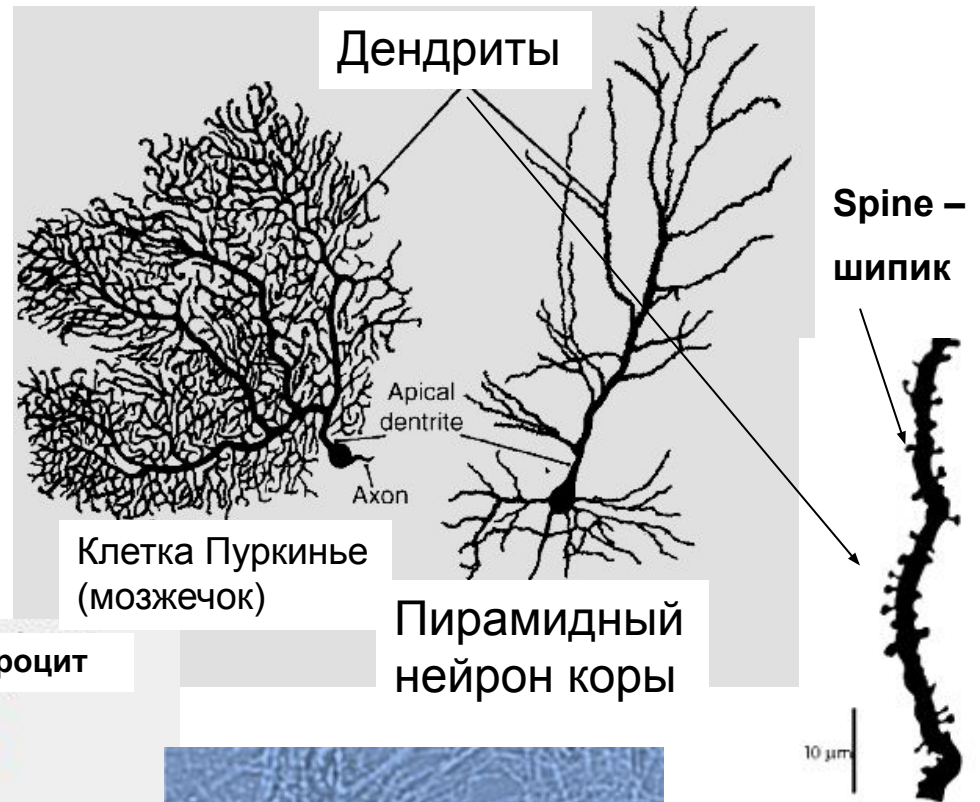


Структура и функция **нейронов**

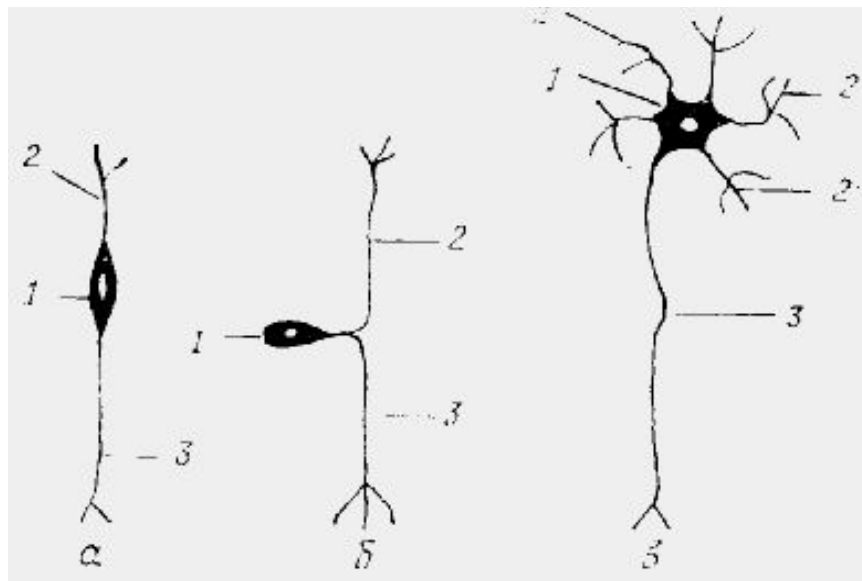


Функции нейронов:

1. Интегративная;
2. Координирующая
3. Трофическая



МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ЗРЕЛЫХ НЕЙРОНОВ



a — neuronum bipolare (биполярный нейрон);

б — neuronum pseudounipolare (псевдоуниполярный нейрон) — представляет собой разновидность биполярного нейрона;

в — neuronum multipolare (мультиполярный нейрон);

1 — corpus neuroni seu neurocyti (тело нейрона);

2—dendritum (дендрит);

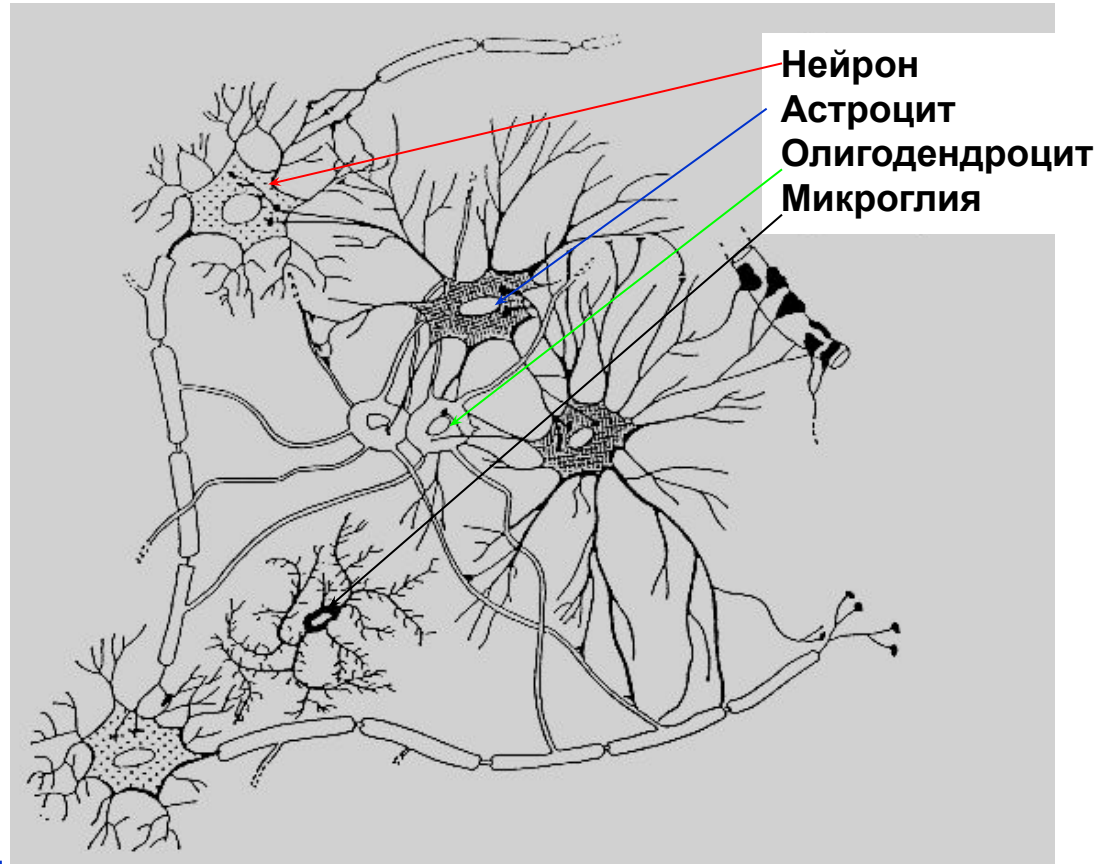
3 — axon, neuritum (аксон, нейрит)

В зависимости от функции нейроны делятся на:

- рецепторные, чувствительные, афферентные. Их тела всегда лежат вне центральной нервной системы в чувствительных узлах черепных или спинномозговых нервов;
- промежуточные вставочные, замыкательные, ассоциативные. Они находятся в пределах центральной нервной системы;
- эффекторные, двигательные, эфферентные. Их тела находятся в центральной нервной системе и в вегетативных нервных узлах.

Структура и функции **глии**

- Функции глии:
- 1. Защитная (**микроглия** способна к фагоцитозу),
- 2. Опорная
- 3. Изолирующая (невозбудимая ткань, **олигодендроциты** и **Шванновские клетки** образуют миелиновую оболочку).
- 4. Обменная (**астроциты** снабжают нейроны питательными веществами)
- 5. **Модуляция синаптической передачи импульса (астроциты)**



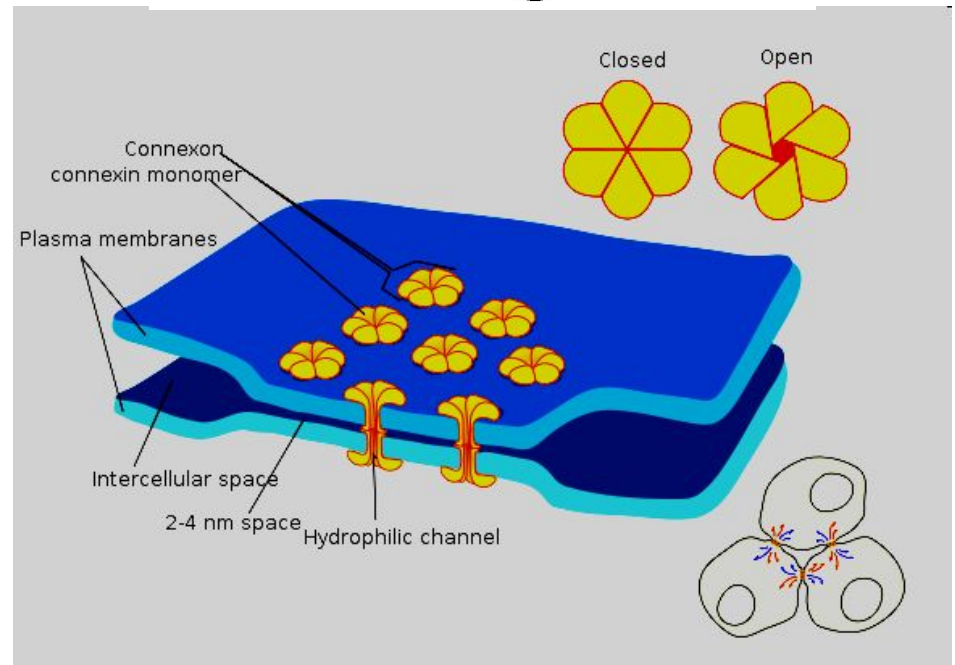
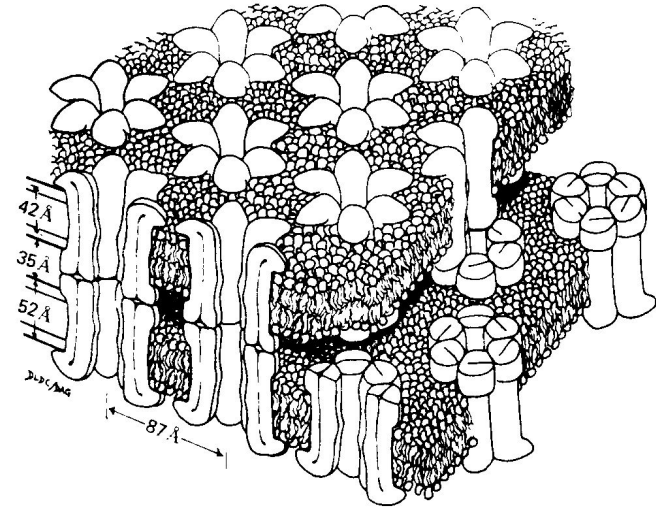
Взаимодействие клеток мозга

Нейроны взаимодействуют друг с другом с помощью **синапсов**:
электрических (=щелевой контакт) и
химических;

Глиальные клетки взаимодействуют друг с другом только с помощью **щелевых контактов**.

Щелевой контакт

- способ соединения клеток в организме с помощью **белковых каналов (коннексонов)**. Через щелевые контакты могут непосредственно передаваться от клетки к клетке электрические сигналы (потенциалы действия), а также малые молекулы (с молекулярной массой примерно до 1.000 Д).
- Структурную основу щелевого соединения составляют **коннексоны** — каналы, образуемые **шестью белками-коннексинами**.
- В нервной системе щелевое соединение между нейронами встречается в так называемых **электрических синапсах**. Отдельные коннексоны обычно сосредоточены на **ограниченных по площади участках мембран — нексусах**, или бляшках (англ. plaque) диаметром 0,5-1 мкм. В области нексуса мембраны соседних клеток сближены, расстояние между ними составляет 2-4 нм.

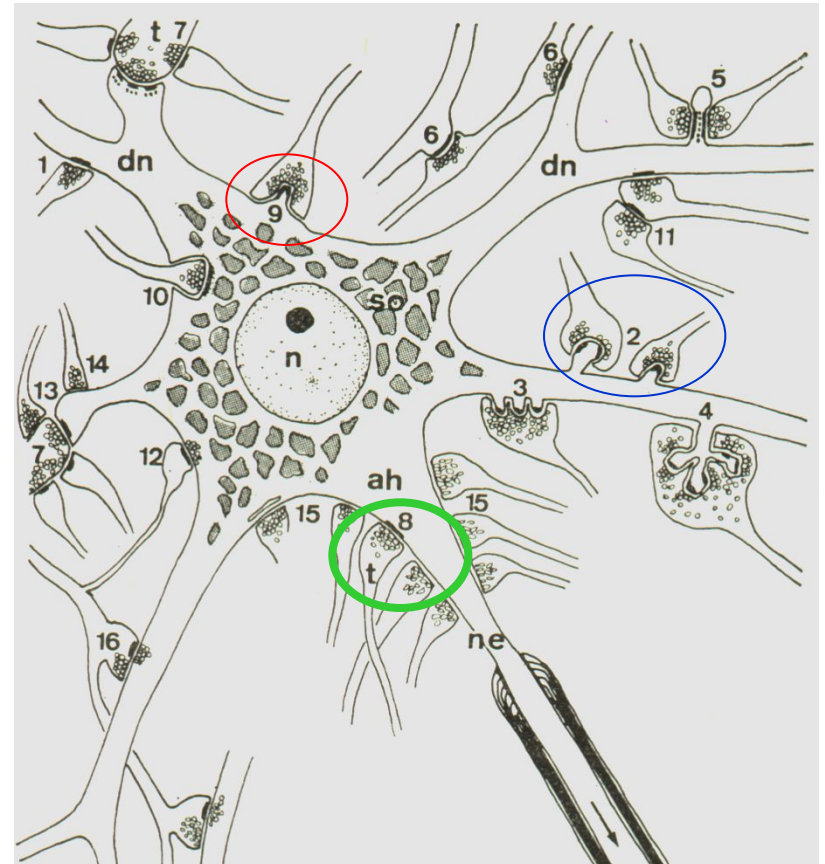


СИНАПСЫ

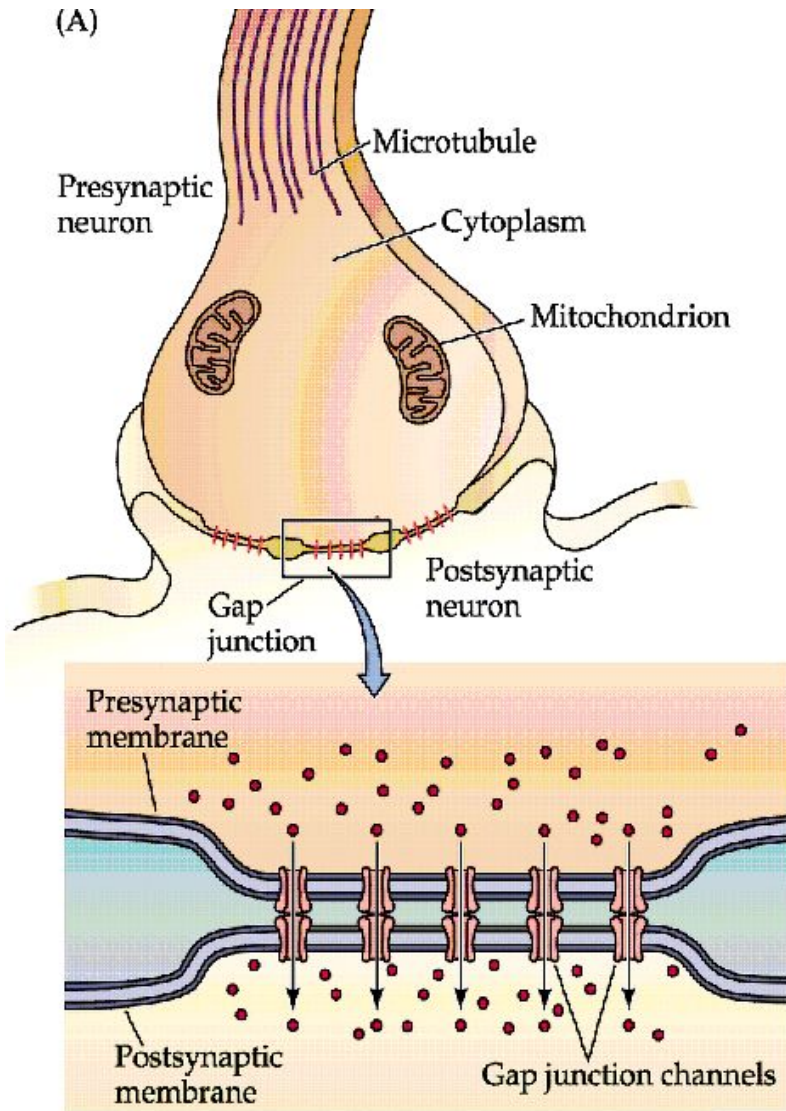
- 1897 – Шеррингтон: «функциональный контакт между нейронами».
- **Синапс** (греч. σύναψις, от συνάπτειν — обнимать, обхватывать, пожимать руку) — место контакта между двумя нейронами. Служит для передачи нервного импульса между двумя клетками, причём в ходе синаптической передачи амплитуда и частота сигнала могут регулироваться.

Синапсы различаются по:

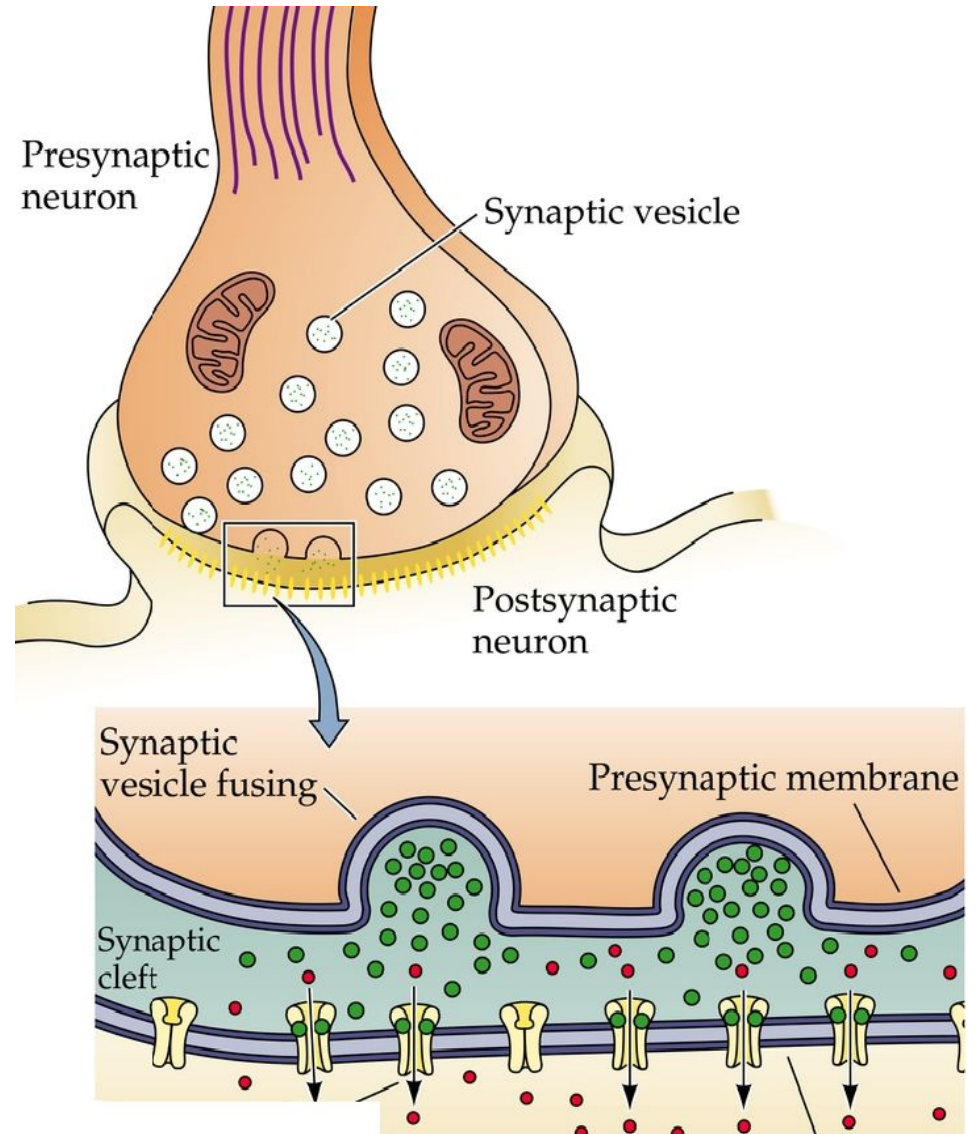
- механизму действия (электрический, *химический*, смешанный);
- локализации на поверхности нервной клетки (*аксосоматические*, *аксодендритические*, *аксоаксональные*); на поверхности миоцита - мионевральный синапс.
- функции (возбуждающие или тормозящие).



Электрический синапс



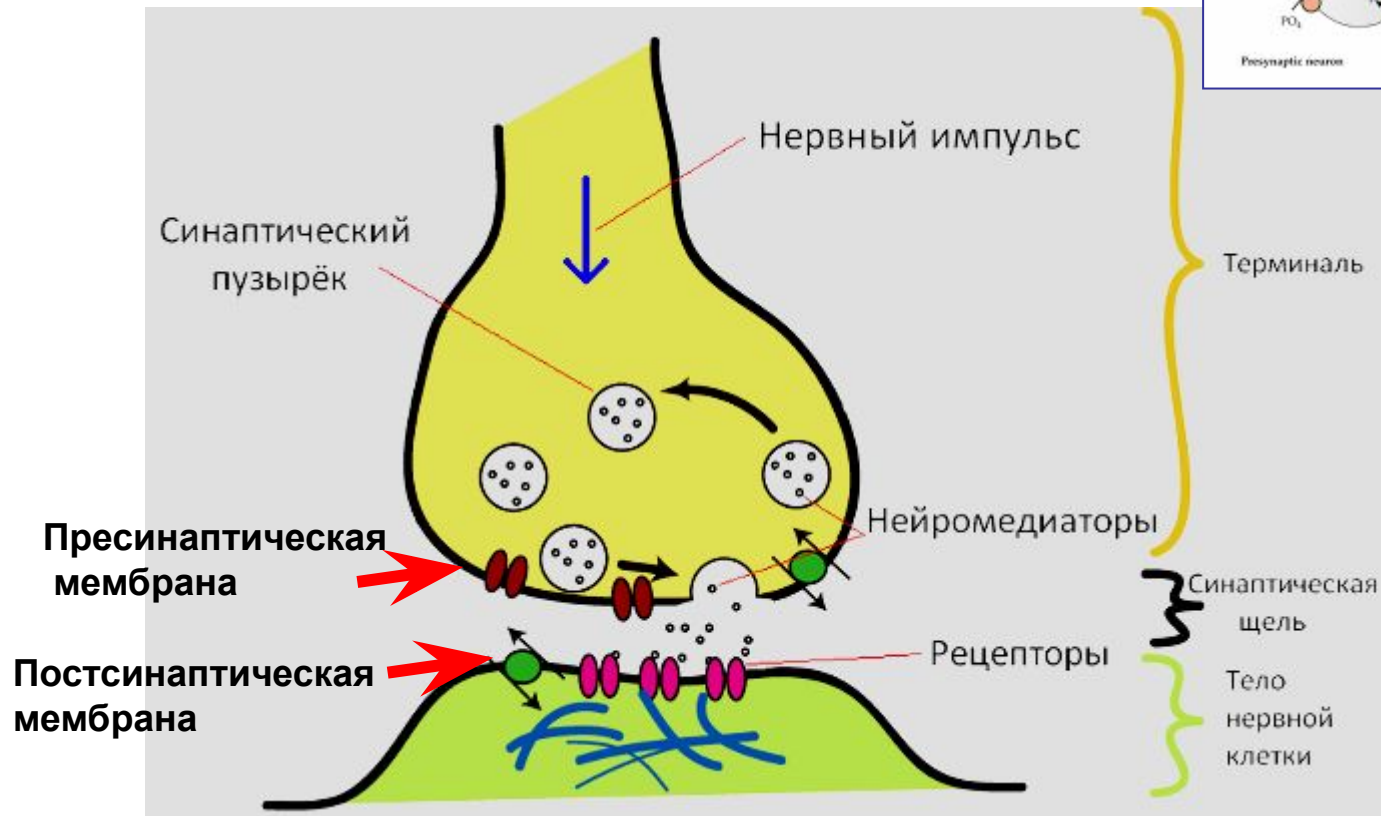
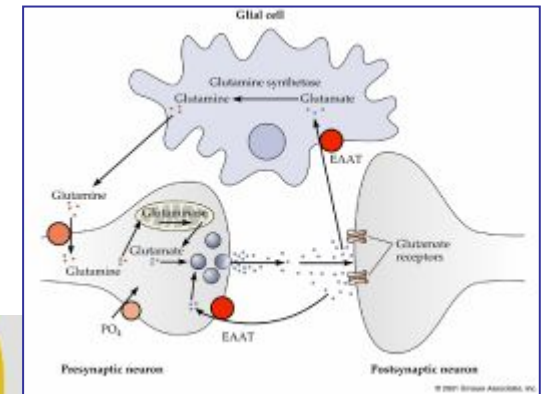
Химический синапс



СТРУКТУРА СИНАПСА

Синапс представляет собой сложное функциональное образование и состоит из:

1. пресинаптической мембраны;
2. синаптической щели;
3. постсинаптической мембраны.



Нейротрансмиттеры

В середине 1980-х **Томас Зюдоф** описал механизм передачи импульсов нервной системы человека с помощью нейротрансмиттеров — молекул, которые, путешествуя внутри нервных волокон, от одного нейрона к другому, передают информацию между клетками.

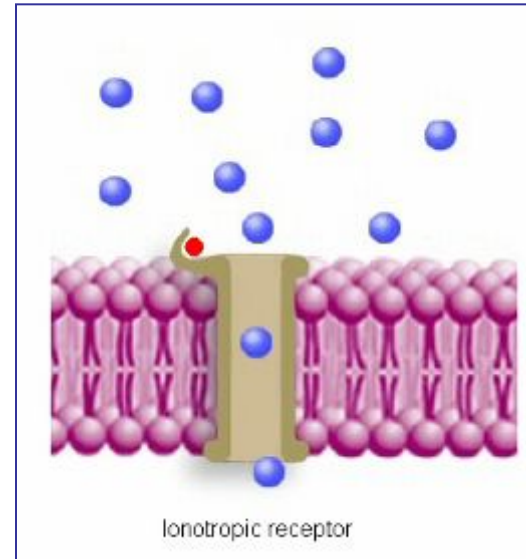
- - **ацетилхолин**,
- - амины - **норадреналин**, дофамин, серотонин, гистамин,
- - аминокислоты - **глицин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), глутамат**, аспартат,
- - полипептиды – вещество Р, энкефалины и эндорфины,
- - пуриновые основания - АТФ, аденин
- - газы – NO, CO.

Существует **правило Дейла** – каждый нейрон во всех своих пресинаптических окончаниях выделяет один и тот же медиатор, поэтому нейроны или синапсы иногда обозначают по типу медиатора (холинергические, адренергические, серотонинергические и др.).

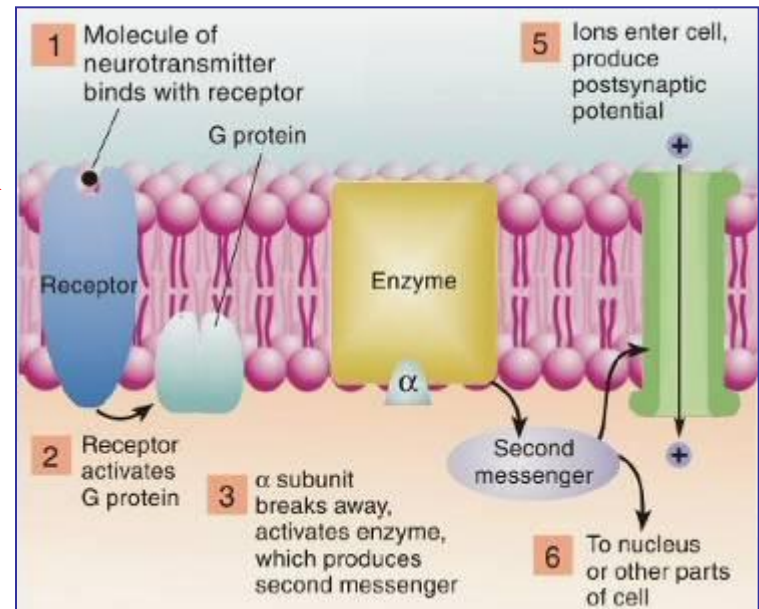
Вместе с нейротрансмиттерами выделяются пресинаптическим окончанием **нейромодуляторы** – вещества, изменяющие выделение и активность нейротрансмиттеров (**NO, CO, каннабиноиды, опиоиды**)

- Постсинаптическая мембрана имеет специализированные рецепторы к нейротрансмиттерам двух типов: ионотропные и metabotropic.

- **Ионотропные рецепторы** (например, ацетилхолиновый, глутаматный) структурно соединены с ионным каналом.



- **Метаботропные рецепторы** (например, норадренергический) соединены с хемочувствительными ионными каналами через ряд мембранных белков, запускающих каскад биохимических реакций с участием вторичных посредников, приводящих к открыванию канала.



Этапы синаптической передачи

1. **Деполаризация** пресинаптической мембраны под действием стимула.
2. Увеличение проницаемости для Ca^{2+} (открываются **потенциалзависимые кальциевые каналы**).
3. Выброс **кванта медиатора** в синаптическую щель методом экзоцитоза. При наличии Ca^{2+} везикула, подойдя к внутренней поверхности мембраны пресинаптического окончания в области активной зоны, сливается с пресинаптической мембраной.
4. Диффузия медиатора к постсинаптической мембране и соединение его с **рецептором постсинаптической мембраны**.
5. Открывание **лигандзависимых ионных каналов** постсинаптической мембраны. Белковые молекулы рецептора при «узнавании» специфического для него вещества изменяют свою конформацию, вследствие чего сразу (при взаимодействии с ионотропными рецепторами) или через ряд промежуточных биохимических реакций (при взаимодействии с метаботропными рецепторами) происходит открывание ионного канала.
6. Увеличение тока ионов через мембрану вызывает изменение заряда мембраны и формирование **локального ответа**: в *возбуждающем синапсе* при открывании Na^+ ионных каналов – **ВОЗБУЖДАЮЩИЙ ПОСТСИНАПТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ** (ВСПС), в *тормозном синапсе* при открывании K^+ или Cl^- ионных каналов – **ТОРМОЗНОЙ ПОСТСИНАПТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ** (ТПСП).
7. Возникновение **потенциала действия** (ПД) за счет суммации локальных ответов в зоне *аксонного холмика*, откуда ПД распространяется по аксону и на мембрану соседних участков клетки.
8. **Удаление нейротрансмиттера** из синаптической щели происходит 4-мя путями: диффузией, ферментативным разложением, обратным захватом – эндоцитозом, глией

ВОПРОСЫ СТУДЕНТАМ

- 1. Что такое синапс?
- 2. Какая клетка глии осуществляет трофическую функцию?
- 3. Назовите типы рецепторов на постсинаптической мембране.
- 4. Какой фактор является триггером к запуску экзоцитоза на пресинаптической мембране?