

Общая физиология

Нервная система



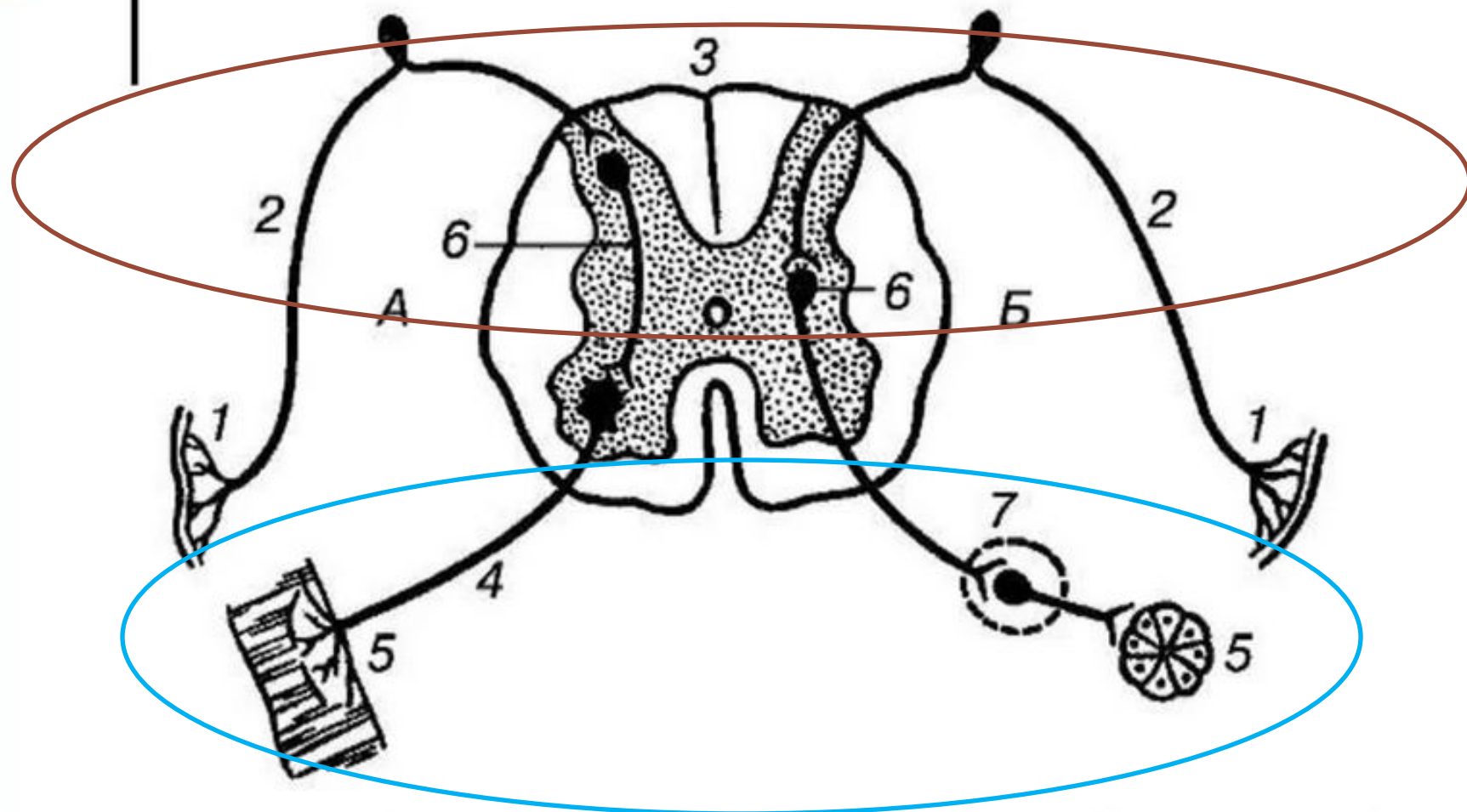
Отделы нервной системы



Рефлекторная дуга-

- **путь, проходимый нервными импульсами при осуществлении рефлекса.**
- Рефлекторная дуга состоит из:
- рецептора — нервное звено, воспринимающее раздражение;
- **афферентного звена** — центrostремительное нервное волокно — отростки рецепторных нейронов, осуществляющие передачу импульсов от чувствительных нервных окончаний в центральную нервную систему;
- **центрального звена** — нервный центр (необязательный элемент, например для аксон-рефлекса);
- **эфферентного звена** — осуществляют передачу от нервного центра к эффектору;
- эффектора — исполнительный орган, деятельность которого изменяется в результате рефлекса.

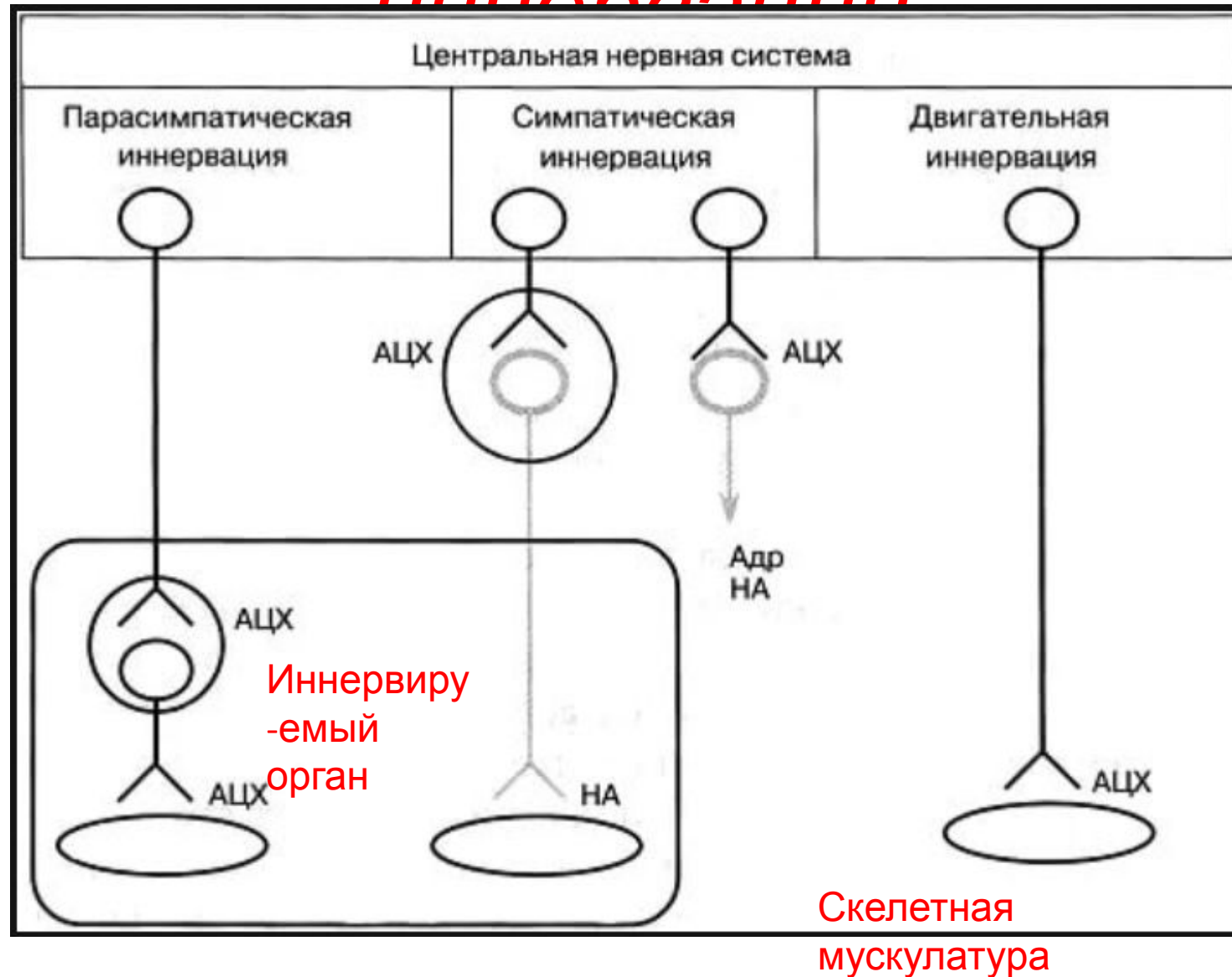
Схема рефлекторных дуг



А - соматического рефлекса; Б - вегетативного рефлекса; 1 - рецептор; 2 - чувствительный нейрон; 3 - центральная нервная система; 4 - двигательный нейрон; 5 - рабочий орган - мышца, железа; 6 - ассоциативный (вставочный нейрон); 7 - вегетативный узел (ганглий).

Схема эфферентной

иннервации



• *Вегетативная нервная система*

- СИМПАТИЧЕСКАЯ

- -усиливает обмен веществ
- -повышает возбудимость большинства тканей
- -мобилизует силы организма на активную деятельность

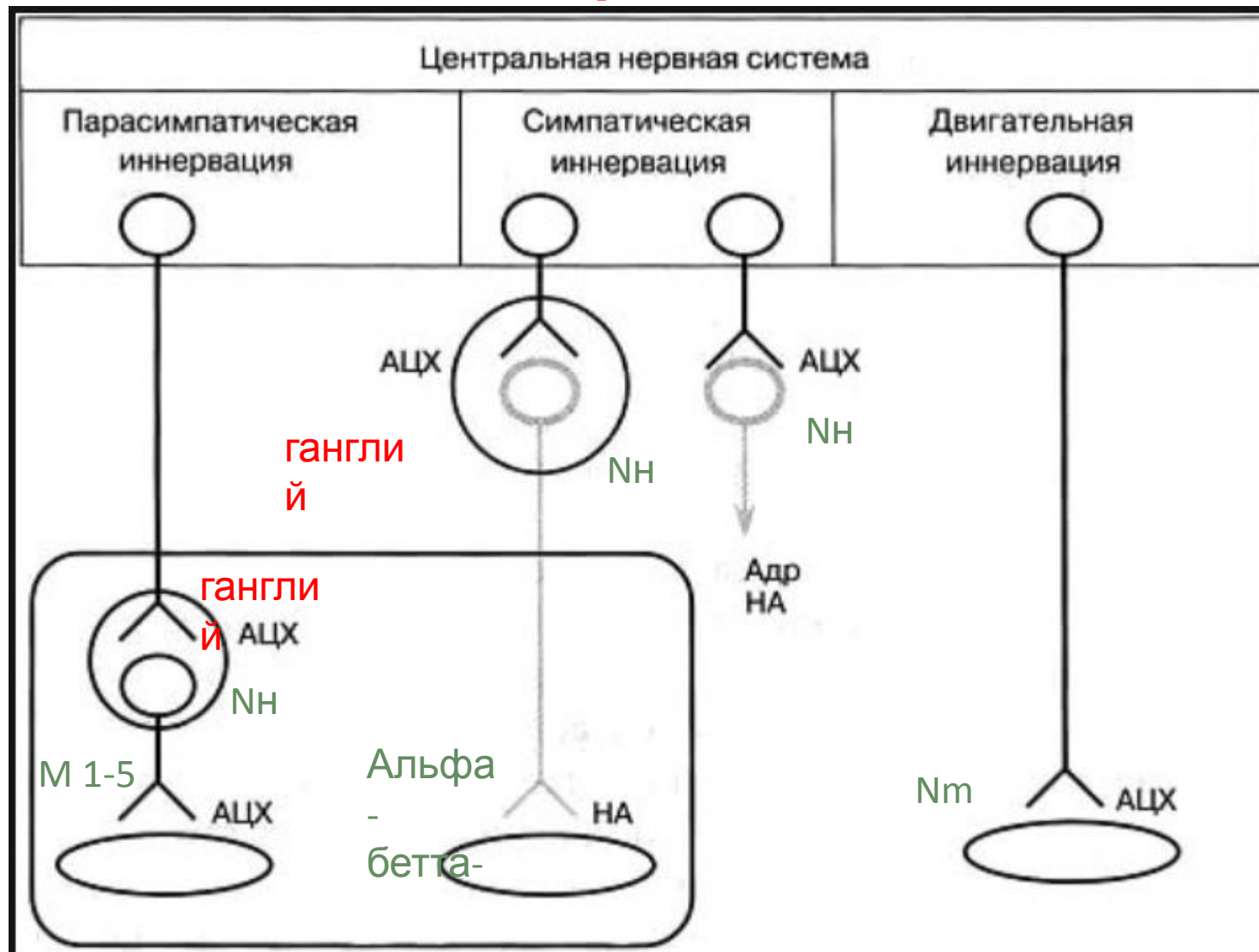
- ПАРАСИМПАТИЧЕСКАЯ

- -способствует восстановлению израсходованных запасов энергии
- -регулирует жизнедеятельность организма во время сна

Вегетативная нервная система

Орган	Действие симпатических нервов	Действие парасимпатических органов
Сердце	Усиление и учащение сердечных сокращений	Ослабление и замедление сердечных сокращений
Артерии	Сужение артерий и повышение кровяного давления	Расширение артерий и понижение кровяного давления
Пищеварительный тракт	Замедление перистальтики, уменьшение активности	Ускорение перистальтики, повышение активности
Мочевой пузырь	Расслабление пузыря	Сокращение пузыря
Мускулатура бронхов	Расширение бронхов, облегчение дыхания	Сокращение бронхов
Мышечные волокна радужной оболочки	Расширение зрачка	Сужение зрачка
Мышцы, поднимающие волосы	Поднятие волос	Прилегание волос
Потовые железы	Усиление секреции	Ослабление секреции
Слюнные железы	Угнетают слюноотделение	Усиливают слюноотделение

Схема эфферентной иннервации



- Рассмотрим детальнее(как будто под ОЧЕНЬ ГРУБЫМ микроскопом)

Классификация нейронов:

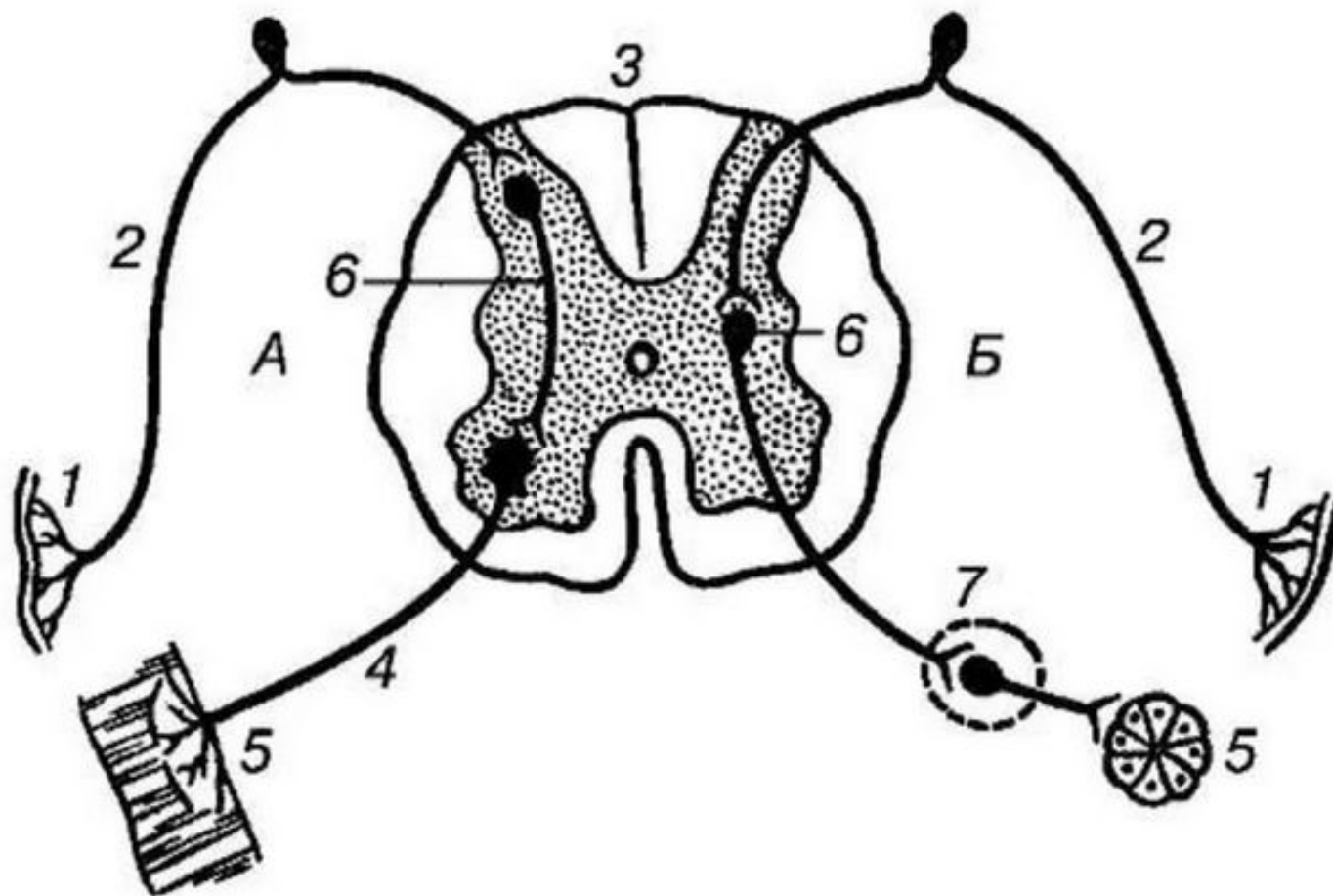
По функции:

- 1) Двигательные (моторные, эфферентные)
- 2) Чувствительные (сенсорные, афферентные)
- 3) Интернейроны (вставочные)

По количеству отростков:

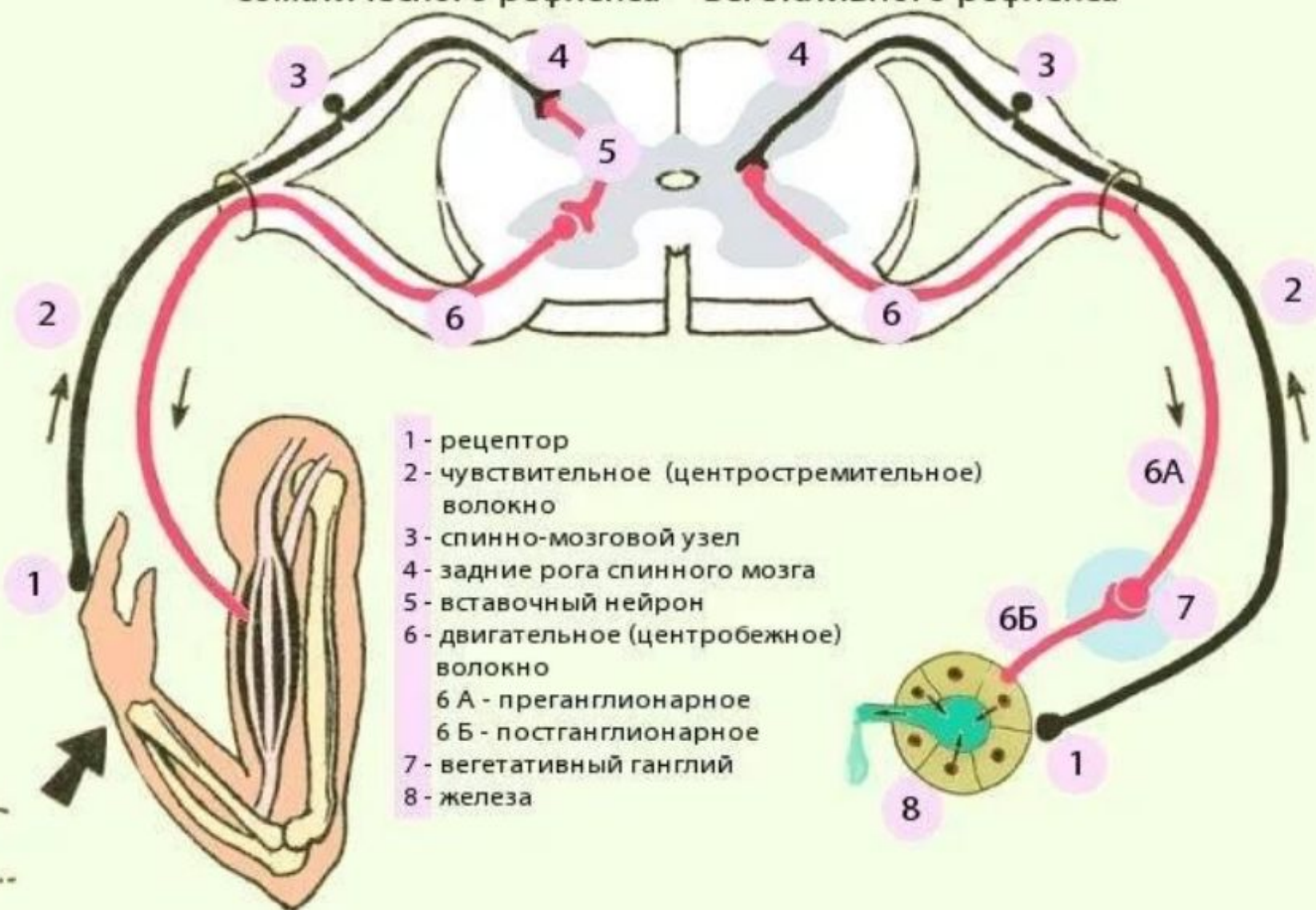
- 1) Униполярные (один отросток)
- 2) Псевдоуниполярные (сенсорные нейроны в спинальных ганглиях)
- 3) Биполярные (два отростка)
- 4) Мультиполярные

Схема рефлекторных дуг

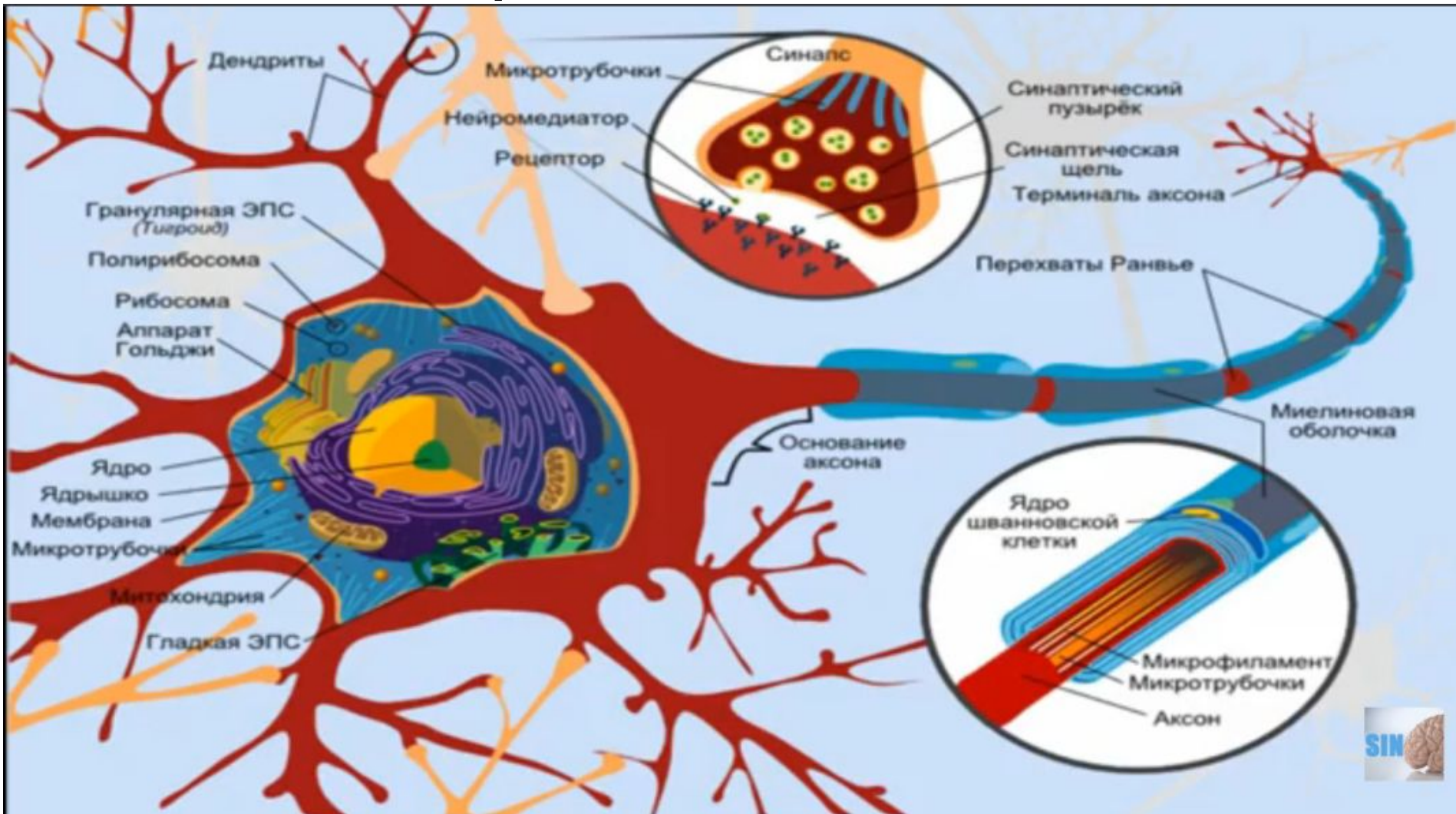


А - соматического рефлекса; Б - вегетативного рефлекса; 1 - рецептор; 2 - чувствительный нейрон; 3 - центральная нервная система; 4 - двигательный нейрон; 5 - рабочий орган - мышца, железа; 6 - ассоциативный (вставочный нейрон); 7 - вегетативный узел (ганглий).

Рефлекторная дуга соматического рефлекса вегетативного рефлекса

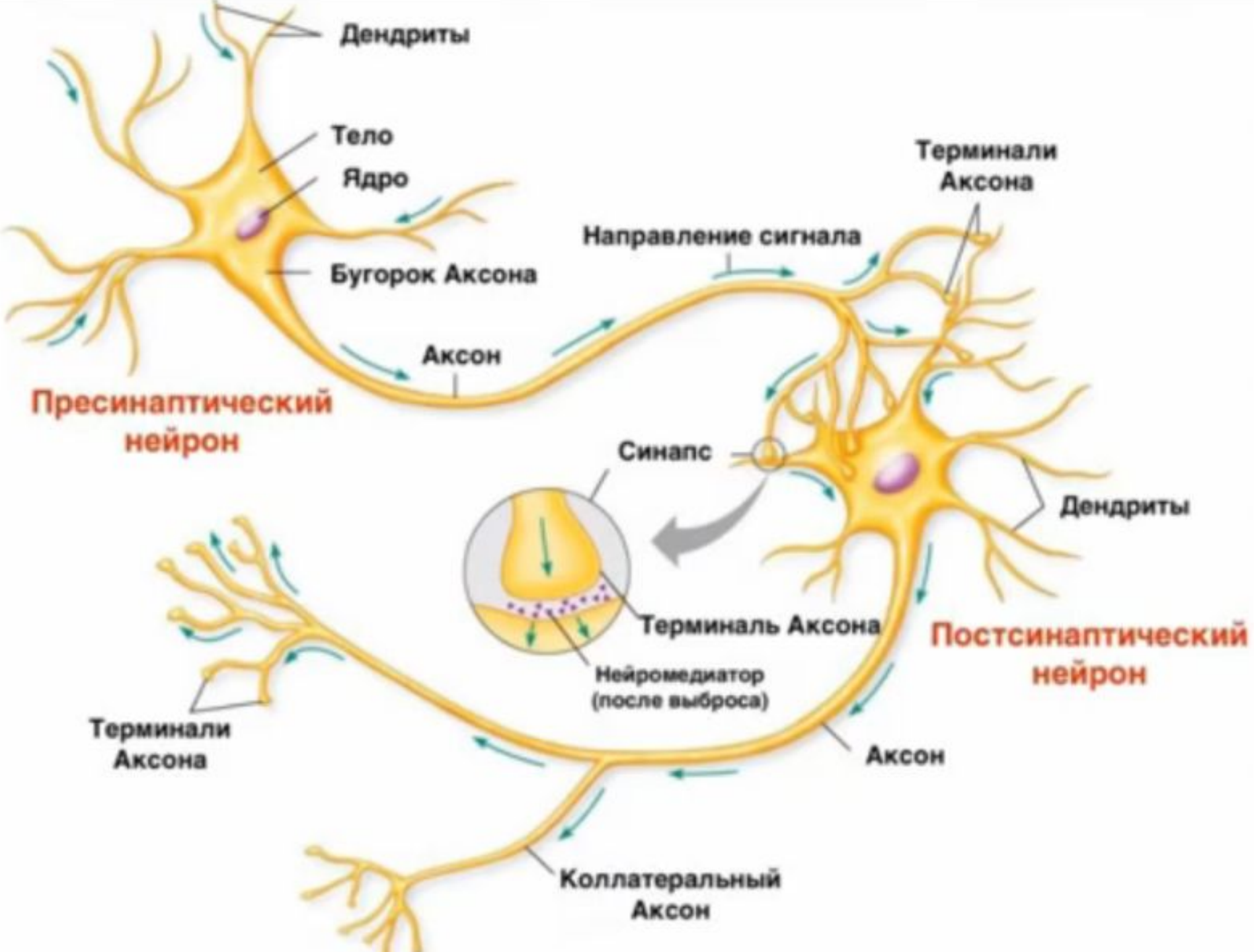


Нейрон-это структурная единица нервной системы



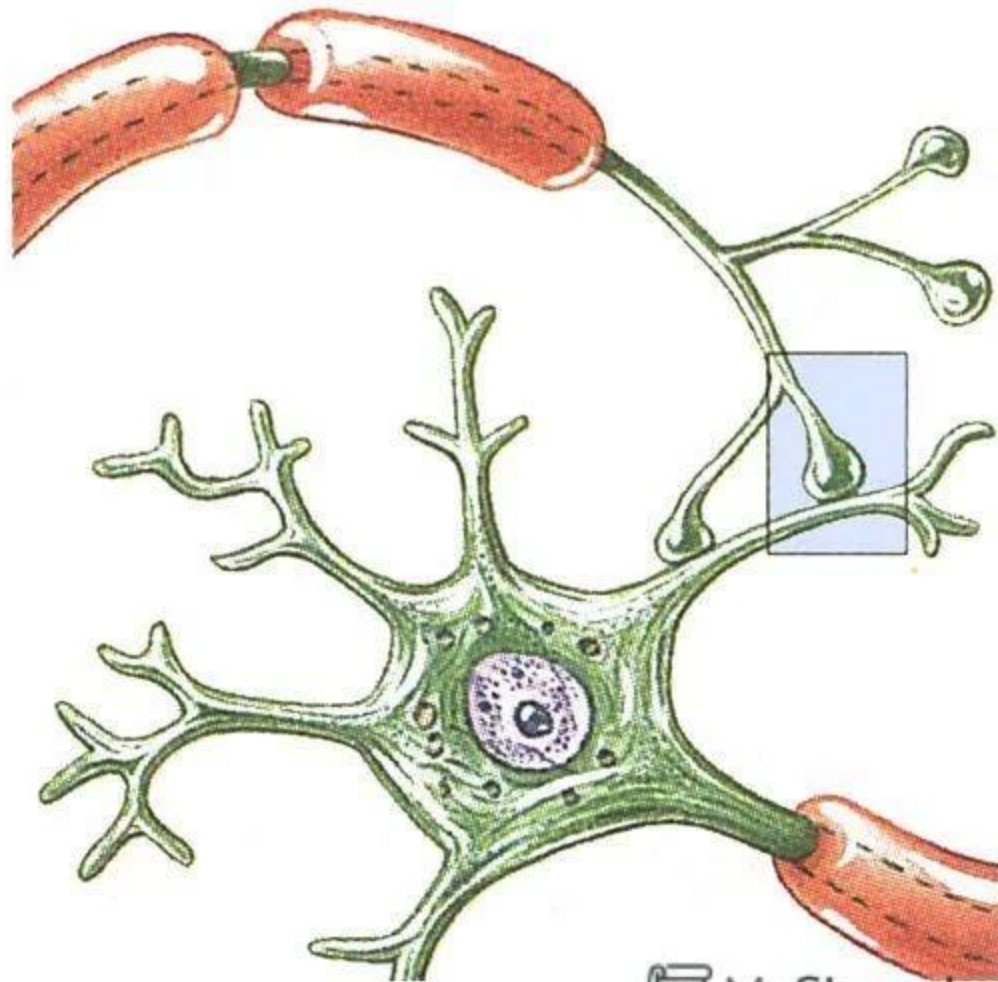
Нейроны образуют различные функциональные объединения

- ядра
- нервные ганглии (узлы)
- нервные центры
- рефлекторные дуги
- колонки в коре мозга

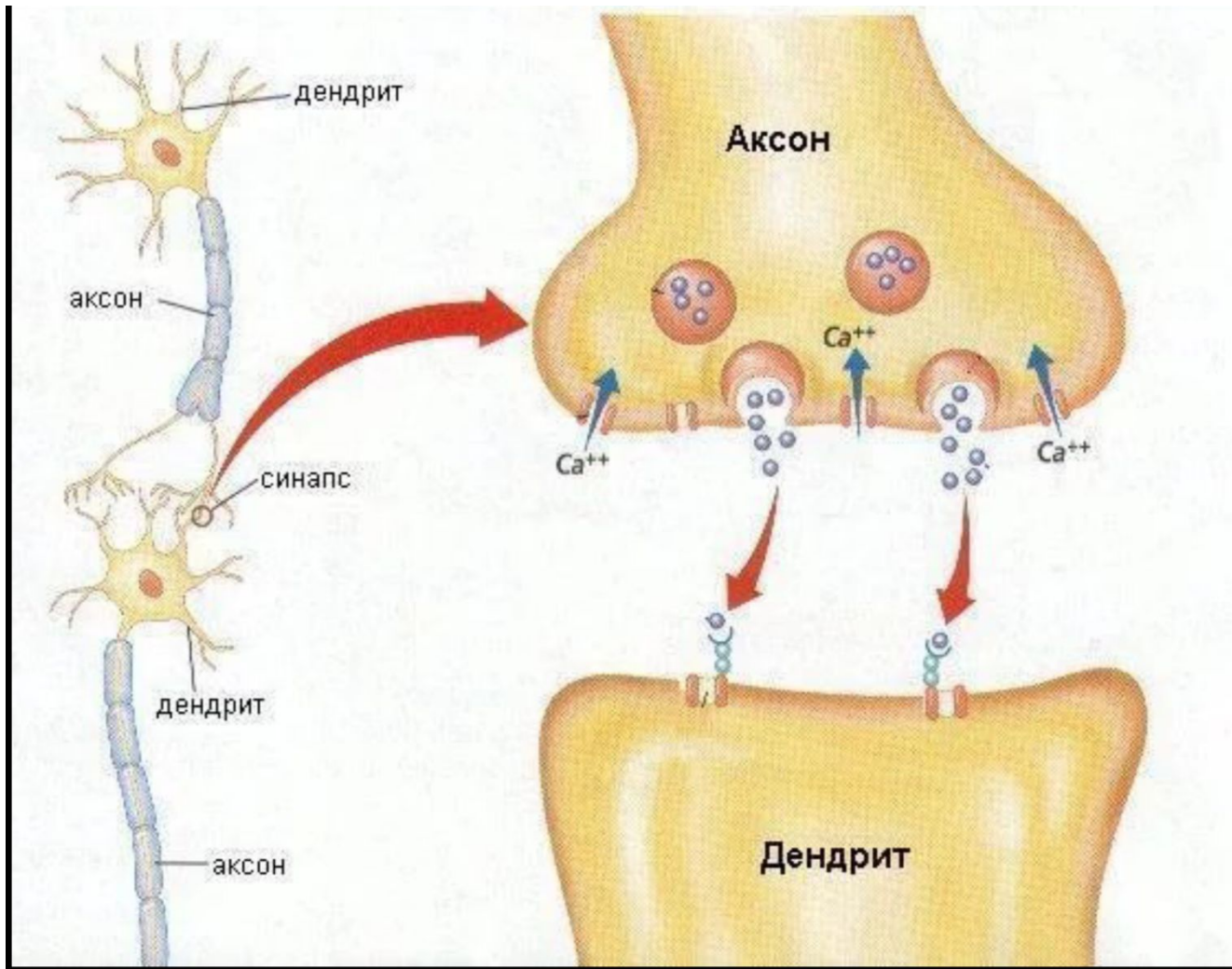


Место контакта, передачи нервного импульса

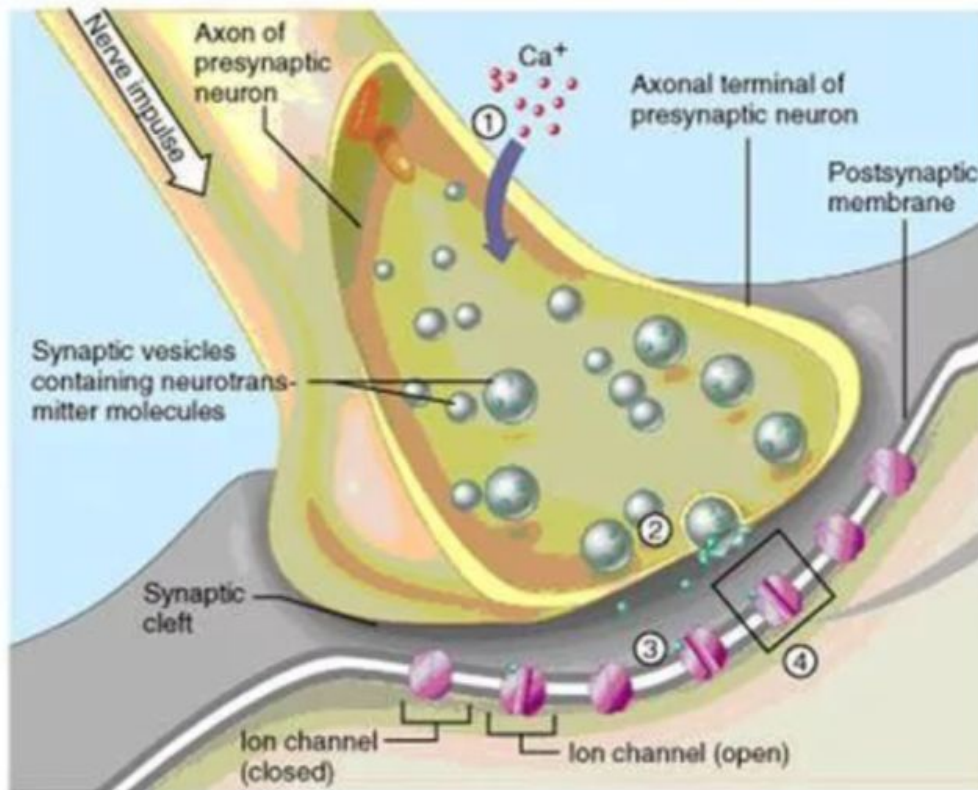
- Передача нервного возбуждения может осуществляться **электрически** (через электрический синапс) или с помощью **химического посредника** - медиатора (через химический синапс)
- **Синапс** - это место контакта между окончанием аксона и мембраной другой нервной или рабочей клетки.



Еще немного увеличим изображение-СИНАПС



Этапы синаптической передачи



**Возбуждающий нейромедиатор –
возбуждение;**

**Тормозный нейромедиатор –
торможение;**

1. Поступление нервного импульса к пресинаптическому утолщению;
2. Деполяризация пресинаптической мембраны;
3. Открытие потенциалозависимых Ca^{2+} -каналов, и поступление ионов Ca^{2+} в пресинаптическое утолщение;
4. Выброс нейромедиатора в синаптическую щель;
5. Связывание нейромедиаторов со специфичными для них рецепторами постсинаптической мембраны;
6. Открытие Na^{+} каналов, деполяризация постсинаптической мембраны, возникновение нервного импульса;
7. Инактивация нейромедиаторов (их ферментное расщепление, обратное поступление нейромедиатора в пресинаптическую мембрану).

- *Пресинаптическая мембрана* – это электрогенная мембрана терминали (окончания) аксона, которая образует синапс на иннервируемой клетке.
- В терминали аксона содержится большое количество пузырьков (везикул) и митохондрии. В везикулах содержится медиатор.
- В синапсе кроме основного медиатора, могут выделяться сомедиатор(ы), которые обеспечивают модуляцию выделения основного медиатора.
- Наиболее распространенным медиатором является ацетилхолин.
- Митохондрии обеспечивают выработку АТФ, который необходим для синаптической передачи возбуждения или торможения.

- В ряде синапсов на пресинаптической мембране обнаружены специализированные белки, обеспечивающие обратный захват (re-uptake) медиатора.
- Система обратного захвата обеспечивает удаление медиатора из синаптической щели после передачи возбуждения или торможения в синапсе.
- С помощью транспортных белков происходит захват медиатора из синаптической щели и его транспорт через пресинаптическую мембрану в терминаль аксона.
- Обнаружены транспортные белки, которые обеспечивают обратный захват таких медиаторов, как допамин, норадреналин, серотонин, глицин и ГАМК.

- *Синаптическая щель* – это пространство между пре- и постсинаптической мембраной синапса.
- В различных синапсах ширина щели колеблется от 20 до 50 мкм.
- Щелевидное пространство заполнено жидкостью, которая по составу сходна с плазмой крови. Через эту жидкость медиатор диффундирует с пресинаптической мембраны на постсинаптическую.

- *Постсинаптическая мембрана* представляет собой мембрану иннервируемой клетки, где образован синапс. Имеет складчатое строение для увеличения площади ее поверхности, что повышает надежность передачи возбуждения или торможения.
- На постсинаптической мембране находится два вида белков: *рецепторы и ферменты*.
- *Рецепторы* связаны с ионными каналами. При взаимодействии рецептора с медиатором происходит открытие каналов для определенных ионов, что приводит к изменению заряда постсинаптической мембраны.
- *Ферменты* на постсинаптической мембране обеспечивают расщепление медиатора.

Классификация синапсов

1. По расположению (локализации):

- *центральные* – находятся в пределах ЦНС, образованы двумя нейронами (аксосоматические; аксодендритные; соматодендритные и т.д.)
- *периферические* делятся на:
 - *мионевральные* – контакт аксона нейрона и мышечного волокна (нервно-мышечные),
 - *нейроэпителиальные* – контакт аксона нейрона и секреторной клетки (нейро-секреторные; рецепторно-нейрональные).

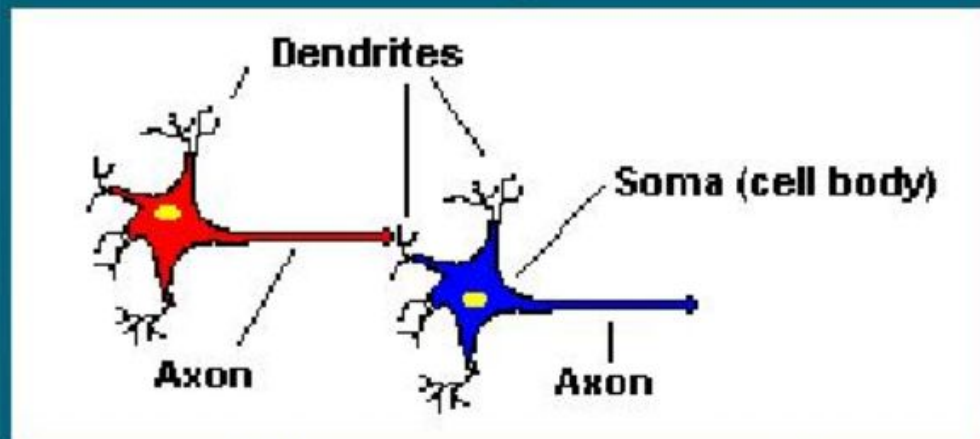
2. Функционально: *тормозные* и *возбуждающие*.

3. По механизму передачи возбуждения: *электрические* и *химические*.

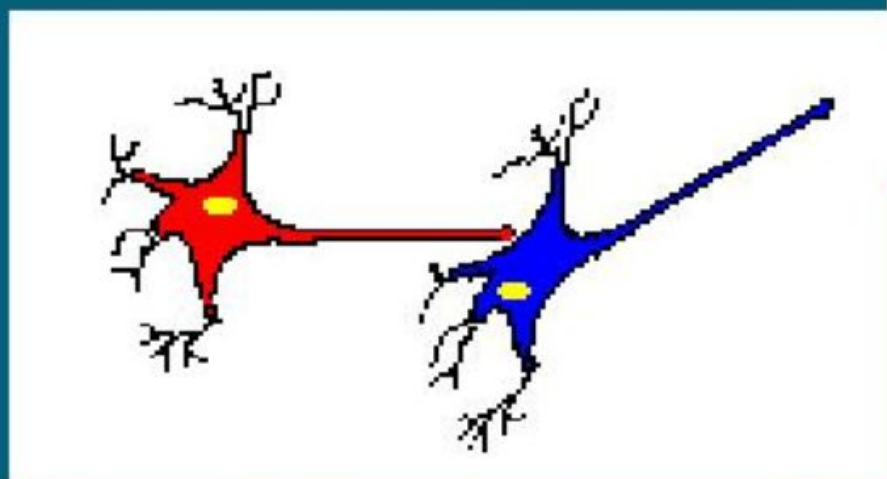
4. По типу медиатора: *адренэргические; холинэргические; ГАМК-эргические* и т.д.

Типы синапсов

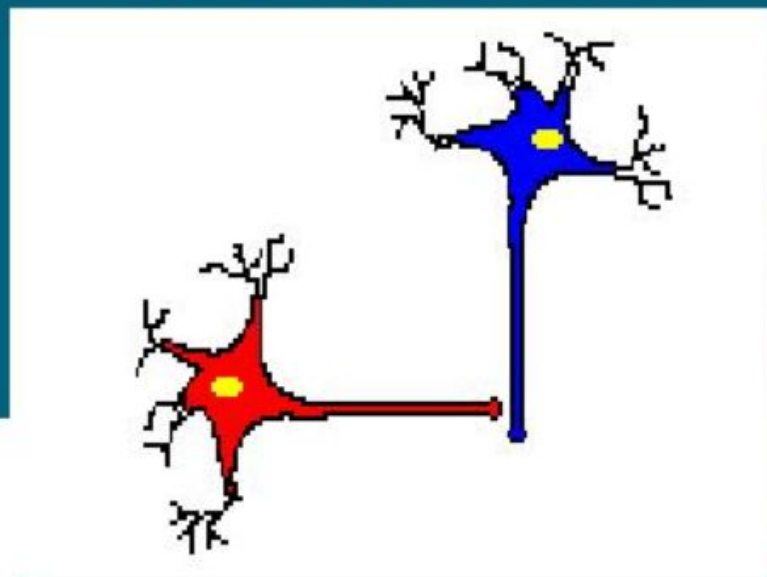
Аксодендритный



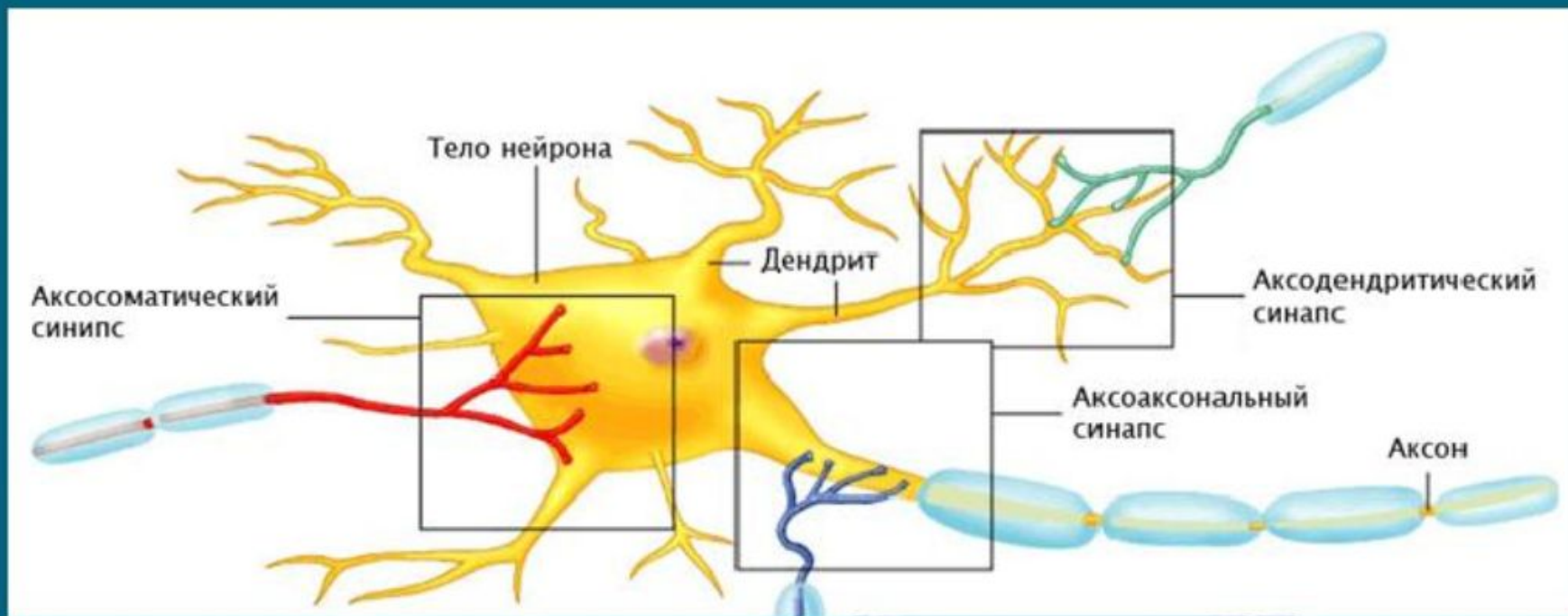
Аксосоматический



Аксоаксональный



Типы синапсов



- Особенность **химических синапсов** заключается в том, что передача возбуждения осуществляется при помощи особой группы химических веществ — *медиаторов*.

Виды химических синапсов

- *холинэргические* (медиатор ацетилхолин);
- *адренэргические* (медиаторы – норадреналин, адреналин);
- *дофаминэргические* (медиатор дофамин);
- *гистаминэргические* (медиатор гистамин);
- *ГАМК-эргические* (в них происходит передача возбуждения при помощи гаммааминомасляной кислоты, т.е. развивается процесс торможения).

Нейромедиатор – химическое вещество, запасаемое в нервной терминали, освобождающееся при действии нервного импульса и действующее на соседние клетки, изменяя их уровень возбудимости

Критерии, по которым вещество относят к группе медиаторов

- вещество должно выделяться на пресинаптической мембране, терминали аксона;
- в структурах синапса должны существовать ферменты, которые способствуют синтезу и распаду медиатора, а также должны быть рецепторы на постсинаптической мембране, которые взаимодействуют с медиатором;
- вещество должно при очень низкой своей концентрации передавать возбуждение с пресинаптической мембраны на постсинаптическую мембрану.

Основные медиаторы ЦНС

- 1. Амины (ацетилхолин, норадреналин, адреналин, дофамин, серотонин).
- 2. Аминокислоты (глицин, глутамин, аспарагиновая, ГАМК и ряд др.).
- 3. Пуриновые нуклеотиды (АТФ).
- 4. Неuropeптиды (гипоталамические либерины и статины, опиоидные пептиды, вазопрессин, вещество Р, холецистокинин, гастрин и др.).

Классификация медиаторов

- *химическая*, основанная на структуре медиатора;
- *функциональная*, основанная на функции медиатора.

Медиаторы
по
химическому
строению

Биогенные амины

Ацетилхолин, Дофамин,
Норадреналин, Серотонин, Гистамин

Аминокислоты

Возбуждающие - глутамат, Аспартат,
тормозные - глицин, ГАМК, таурин

Пурины

АТФ, аденозин

Нейропептиды

Энкефалин, вещество Р, нейротензин

Газы

NO, CO, H₂S

Химическая классификация

1. *Сложные эфиры* – ацетилхолин (АХ).

2. *Биогенные амины*:

- катехоламины (дофамин, норадреналин (НА), адреналин (А));
- серотонин;
- гистамин.

3. *Аминокислоты*:

- гаммааминомасляная кислота (ГАМК);
- глутаминовая кислота;
- глицин;
- аргинин.

4. Пептиды:

- опиоидные пептиды:

метэнкефалин; энкефалины; лейэнкефалины;

- вещество «Р»;

- вазоактивный интестинальный пептид;

- соматостатин.

5. Пуриновые соединения: АТФ.

6. Вещества с минимальной молекулярной массой:

- NO;

- CO.

Функциональная классификация

1. *Возбуждающие медиаторы*, вызывающие деполяризацию постсинаптической мембраны и образование возбуждающего постсинаптического потенциала:

- – АХ;
- – глутаминовая кислота;
- – аспарагиновая кислота.

2. *Тормозящие медиаторы*

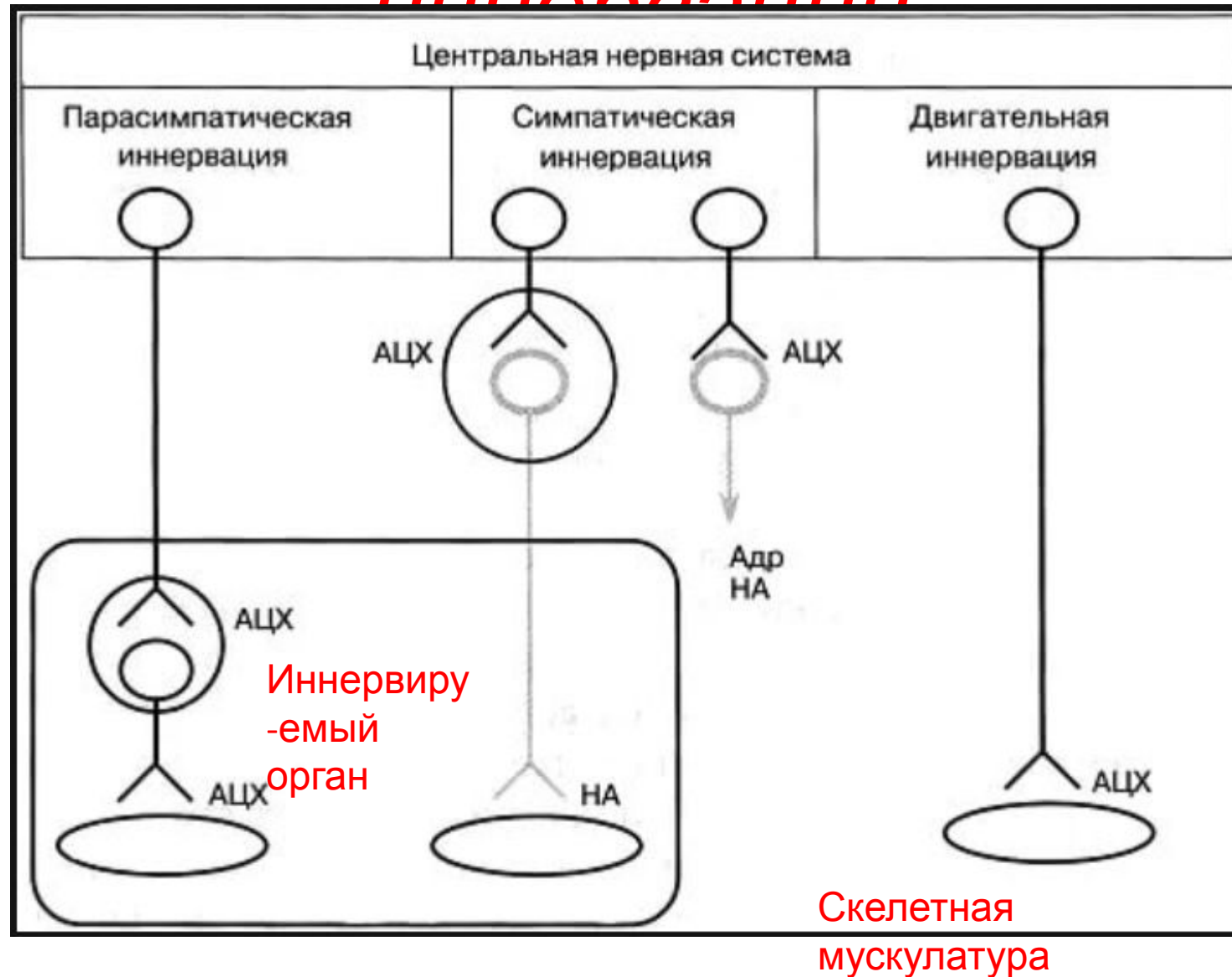
2. **Тормозящие медиаторы**, вызывающие гиперполяризацию постсинаптической мембраны, после чего возникает тормозной постсинаптический потенциал, который генерирует процесс торможения:

- ГАМК;
- глицин;
- вещество «Р»;
- дофамин;
- серотонин;
- АТФ.

- Норадреналин, изонорадреналин, адреналин, гистамин являются как *тормозными*, так и *возбуждающими* медиаторами.

Схема эфферентной

иннервации



АМИНЫ

Медиатор	Локализация	Функция	Патология, связанная с обменом медиатора
Ацетилхолин	Нервно-мышечные синапсы, ганглии вегетативной нервной системы, надпочечники, кора мозга, сетчатка	Моторные функции, ноцицептивная система, обучение, память	Менингиты, старческая деменция, вегетативные нарушения
Дофамин	Гипоталамус и средний мозг. Проекция в базальные ганглии, лимбическую систему, кору мозга. Симпатические ганглии, сетчатка	Контроль двигательных функций, эмоции	Болезнь Паркинсона, шизофрения
Норадреналин	Ствола мозга. Проекция в кору мозга, гипоталамус, мозжечок, спинной мозг. Периферические симпатические окончания	Сон/бодрствование, эмоции	Депрессии, галлюцинации, нарушения сна
Серотонин	Ядра шва ствола мозга. Проекция в кору мозга, гипоталамус, мозжечок, спинной мозг. Сетчатка	Эмоции, сон, нейроэндокринная регуляция	Депрессии, галлюцинации, нарушения сна
Гистамин	Гипоталамус с проекцией в кору мозга, таламус, базальные ганглии, мозжечок, спинной мозг	Сон, боль, половое поведение	Вегетативные нарушения

АМИНОКИСЛОТЫ

Медиатор	Локализация	Функция	Патология, связанная с обменом медиатора
Глутамат	Кора мозга, базальные ганглии, мозжечок, таламус, гипоталамус, ствол мозга, спинной мозг, сетчатка	Основной возбуждающий медиатор ЦНС, обеспечивает двигательные и сенсорные функции	Эпилепсия, моторные нарушения, нарушения памяти, дегенеративные нарушения
Аспарат	Сетчатка глаза	?	?
Глицин	Спинной мозг, сетчатка	Торможение	Судорожный синдром
ГАМК	Кора мозга, мозжечок, ствол мозга, спинной мозг (совместно с глицином), сетчатка	Торможение	Хорея, судорожный синдром, депрессии

Пурины

Медиатор	Локализация	Функция	Патология, связанная с обменом медиатора
АТФ	Уздечка головного мозга, спинной мозг, афферентные нейроны, симпатические нейроны	Ноцицептивная система, контроль внутренних органов	Нарушение болевой чувствительности, сосудистые расстройства
Аденозин	Является продуктом гидролиза АТФ в пуринергических синапсах	Аденозин - эндогенный ограничитель перевозбуждения мозга	Судорожные состояния

Пептиды

Пептид	Локализация
Субстанция Р	Широко представлен в головном мозге и в окончаниях первичных афферентных нейронов ноцицептивной системы
Вазопрессин	Задний гипофиз, продолговатый мозг, спинной мозг
Окситоцин	Задний гипофиз, продолговатый мозг, спинной мозг
Кортиколиберин	Гипоталамус и другие отделы мозга
Тиреолиберин	Гипоталамус, сетчатка
Соматилиберин	Гипоталамус
Соматостатин	Гипоталамус и другие отделы мозга, желатинозная субстанция, сетчатка
Гонадолиберин	Гипоталамус, хеморецепторные зоны желудочков мозга, преганглионарные окончания, сетчатка
Эндотелин	Задний гипофиз, ствол мозга
Энкефалины	Желатинозная субстанция, многие другие отделы ЦНС, сетчатка
Эндорфины	Гипоталамус, таламус, ствол мозга, сетчатка
Холецистокинин	Кора мозга, гипоталамус, сетчатка
Вазоактивный интестинальный пептид	Постганглионарные холинергические нейроны, некоторые чувствительные нейроны, гипоталамус, кора мозга, сетчатка
Нейротензин	Гипоталамус, сетчатка
Гастрин	Гипоталамус, продолговатый мозг
Глюкагон	Гипоталамус, сетчатка
Мотилин	Нейрогипофиз, кора мозга, мозжечок
Секретин	Гипоталамус, таламус, обонятельная луковица, ствол мозга, кора мозга, перегородка, гиппокамп, стрiatum

Газы

Медиатор
NO
CO
H ₂ S

- Возбуждающий медиатор диффундирует через синаптическую щель на постсинаптическую мембрану, где связывается с рецепторами.
- Связывание возбуждающего медиатора с рецепторами приводит к открытию ионных каналов для ионов Na^+ , которые поступают внутрь иннервируемой клетки, вызывая деполяризацию постсинаптической мембраны – формируется *возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП)*.
- Когда величина ВПСП достигает критического уровня деполяризации на мембране иннервируемой клетки, возникает потенциал действия.
- Медиатор разрушается ферментами постсинаптической мембраны или подвергается обратному захвату в терминаль аксона, что приводит к освобождению рецепторов, и синапс снова может проводить *возбуждение*.

- Связывание тормозного медиатора с рецепторами приводит к открытию ионных каналов для ионов K^+ и/или Cl^- , которые поступают внутрь иннервируемой клетки, вызывая гиперполяризацию постсинаптической мембраны – формируется *тормозный постсинаптический потенциал (ТПСП)*.
- ТПСП затрудняет возникновение потенциала действия в иннервируемой клетке.
- Медиатор разрушается ферментами постсинаптической мембраны или подвергается обратному захвату в терминаль аксона, что приводит к освобождению рецепторов, и синапс снова может вызывать *торможение*.

Типы рецепторов по механизму работы:

1. Ионотропные.

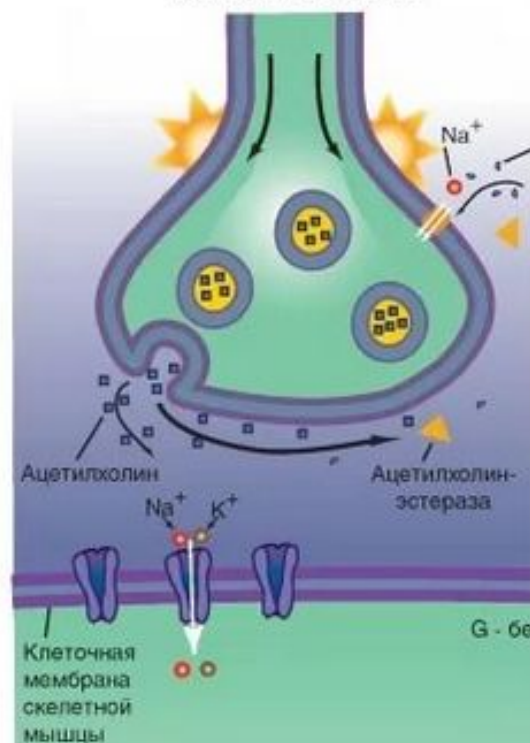
- После взаимодействия медиатора с рецептором постсинаптической мембраны изменяется **проницаемость ионных каналов**

2. Метаботропные

- После взаимодействия медиатора с рецептором активируются специфические ферменты мембраны. В результате в самой мембране (или в цитоплазме клетки) **активируются вторичные посредники (мессенджеры)**, которые, в свою очередь, запускают каскады ферментативных процессов

А

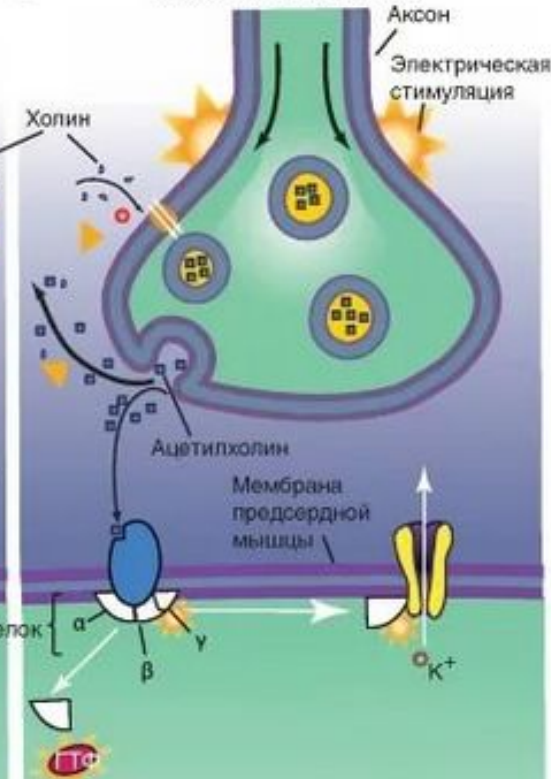
Ионотропный рецептор



Активация канала
никотинового АЦХ
рецептора
↓
Деполаризация
мембраны
↓
Возникновение ПД
↓
Сокращение мышцы

Б

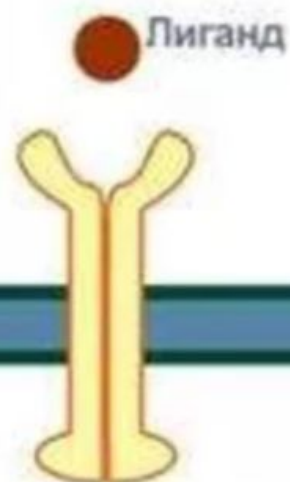
Мегабтропный рецептор



Активация мускаринового
АЦХ рецептора
↓
Освобождение
 α -ГТФ + $\beta\gamma$
от гетеротримерного
G-белка
↓
Активация K^+ канала
посредством $\beta\gamma$
↓
Деполаризация
мембраны
↓
Снижение частоты
сердечных сокращений

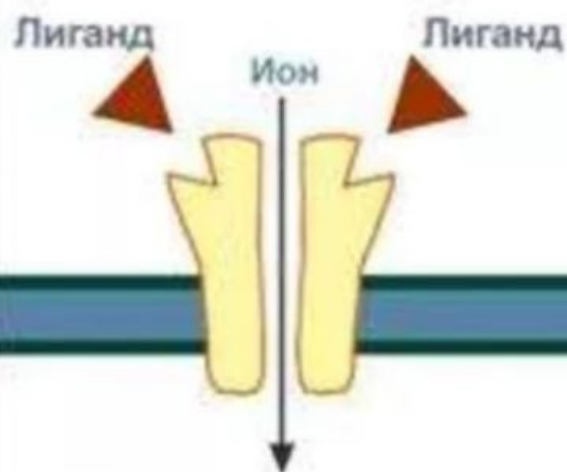
ВИДЫ МЕМБРАННЫХ РЕЦЕПТОРОВ

Рецептор с ферментативной активностью



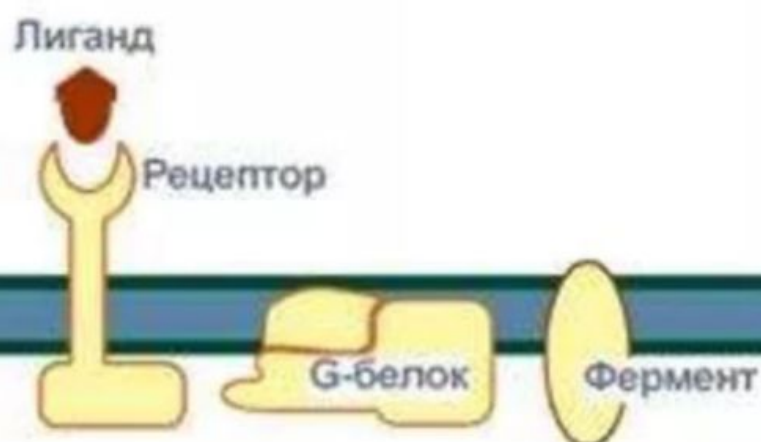
Часть рецептора, обладающая ферментативной активностью

Каналообразующий рецептор



Лиганд связывается с рецептором и ионный канал открывается, ион движется через мембраны

Рецептор, связанный с G-белками

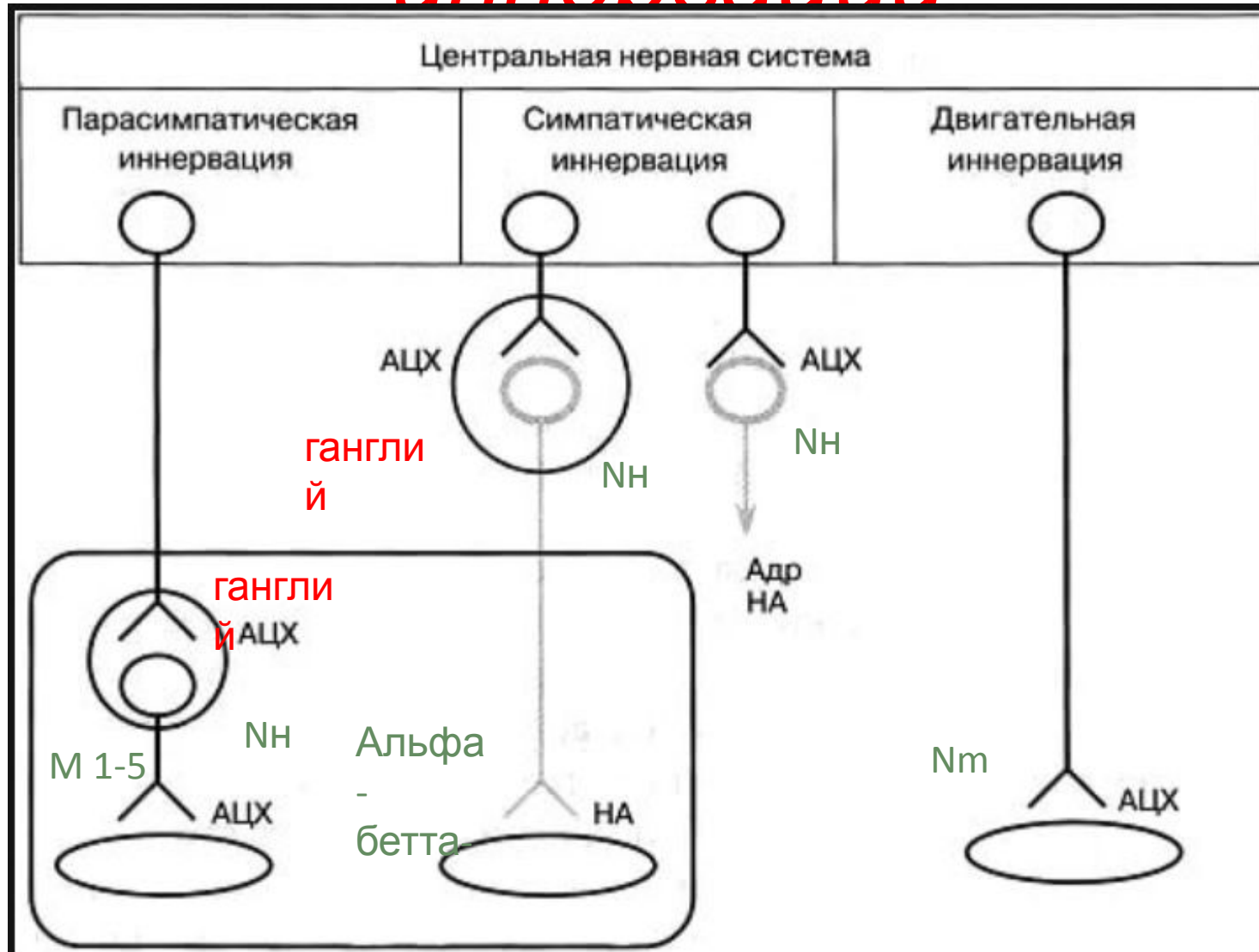


Передача сигнала внутрь клетки

Основные медиаторы периферической НС

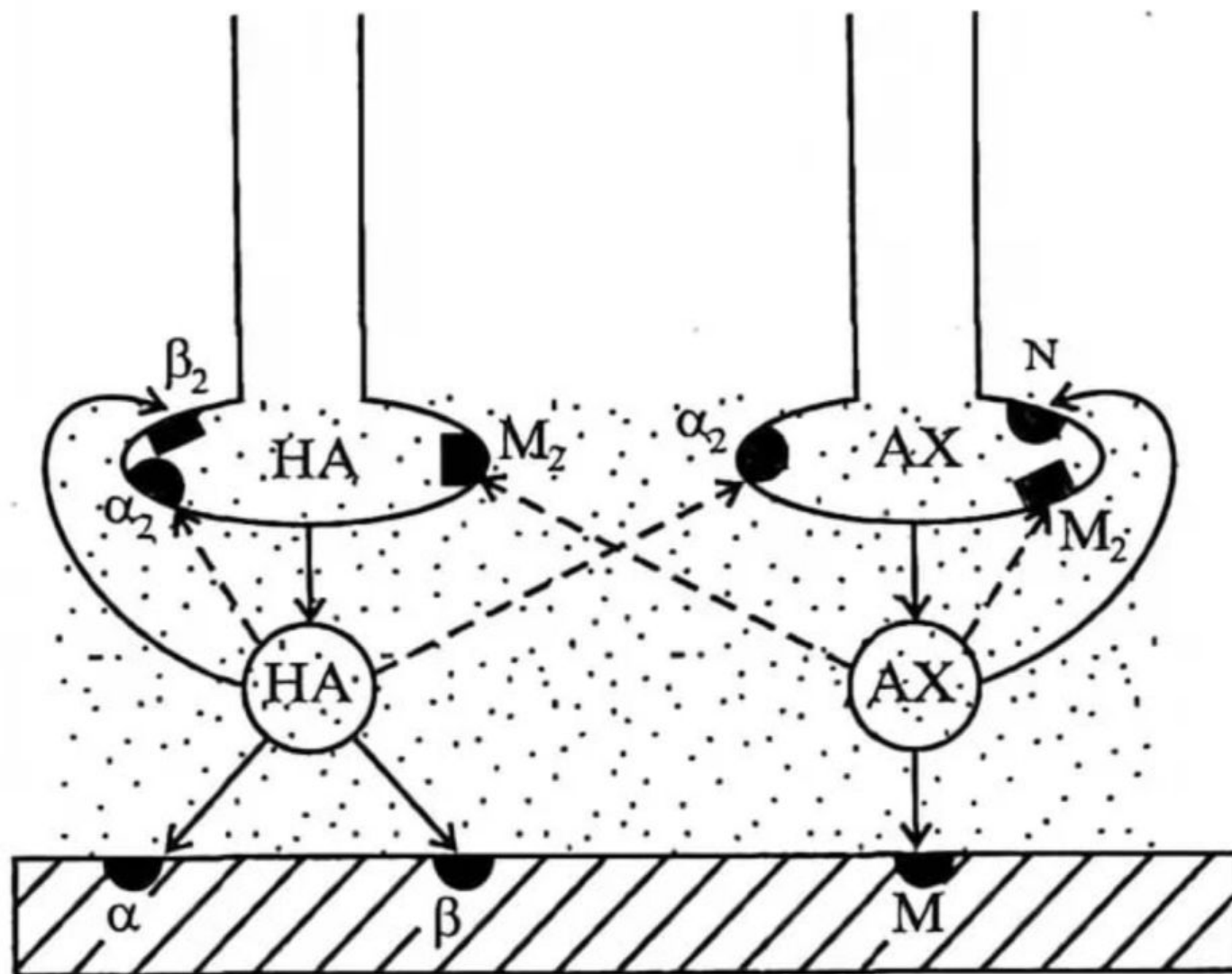
ПАРАСИМПАТИЧЕСКАЯ НС		СИМПАТИЧЕСКАЯ НС	СОМАТИЧЕСКАЯ НС
В ГАНГЛИЯХ			Ганглии отсутствуют
АцХ(ацетилхолин)	АцХ		-----
В иннервируемом органе			В иннервируемом органе
АцХ	НА, А (норадреналин, адреналин)		АцХ

Схема эфферентной иннервации



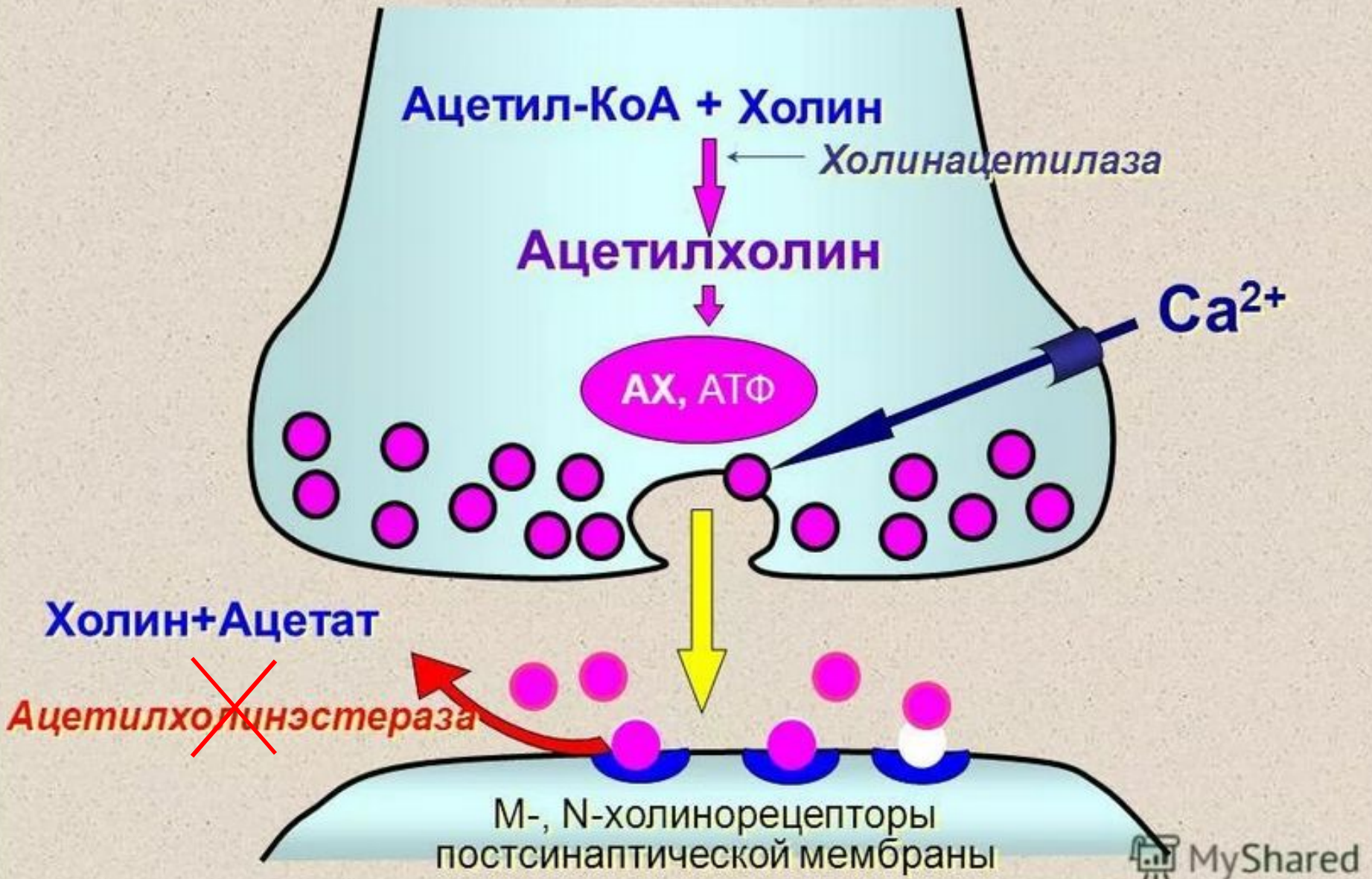
Адренергическая
терминаль

Холинергическая
терминаль

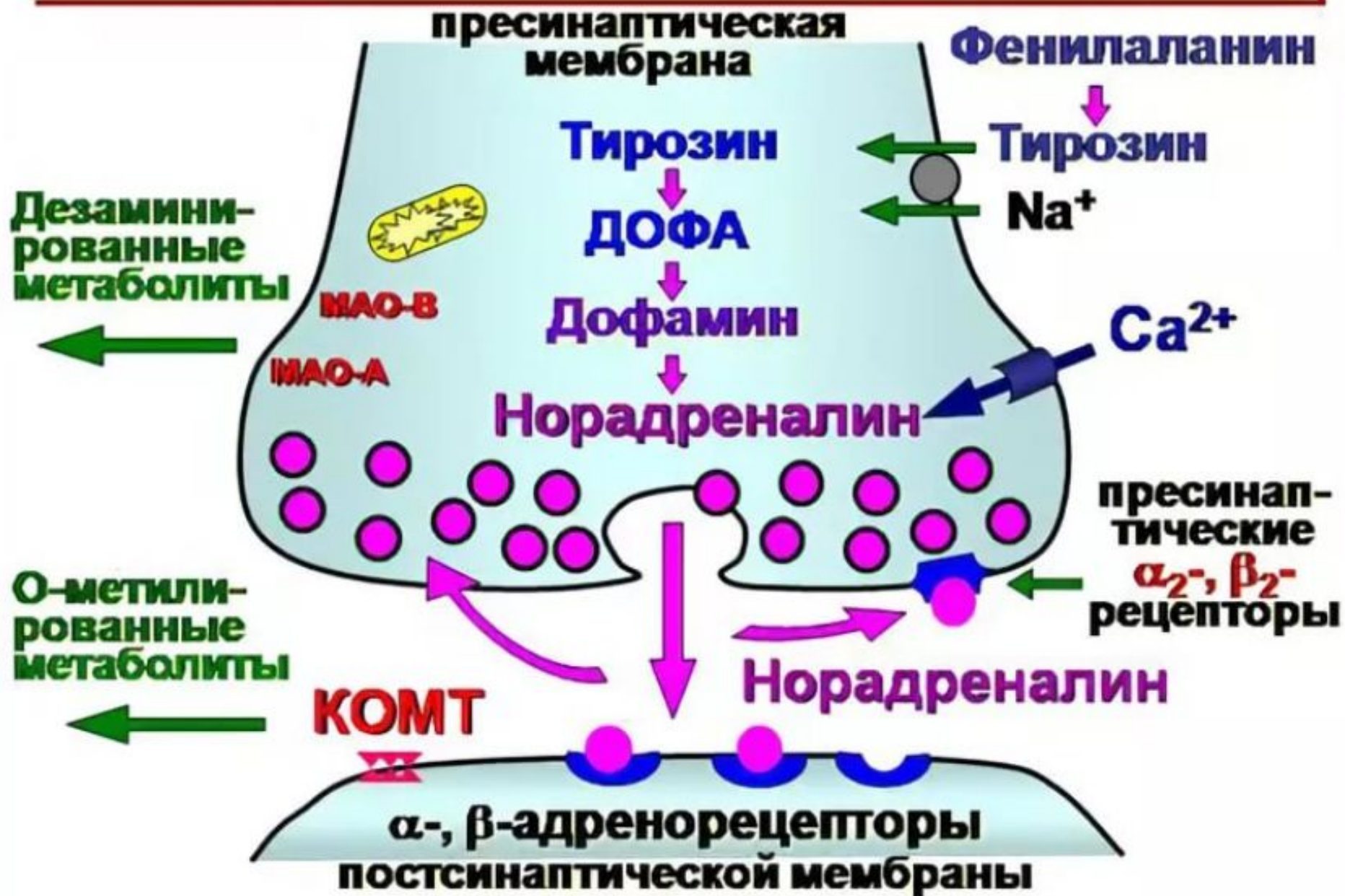


Эффекторная клетка

ХОЛИНЕРГИЧЕСКИЙ СИНАПС

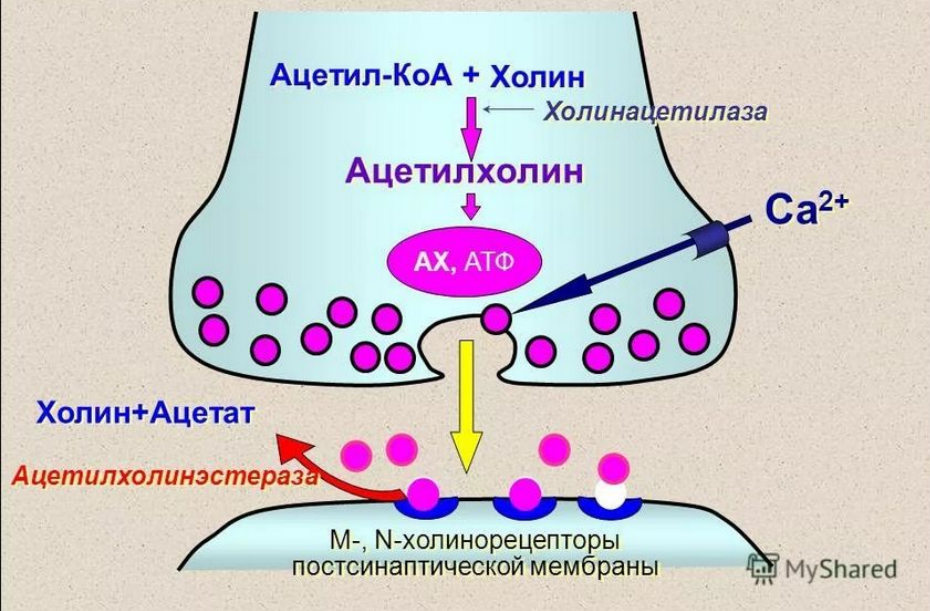


АДРЕНЕРГИЧЕСКИЙ СИНАПС



Сравним два синапса друг с другом

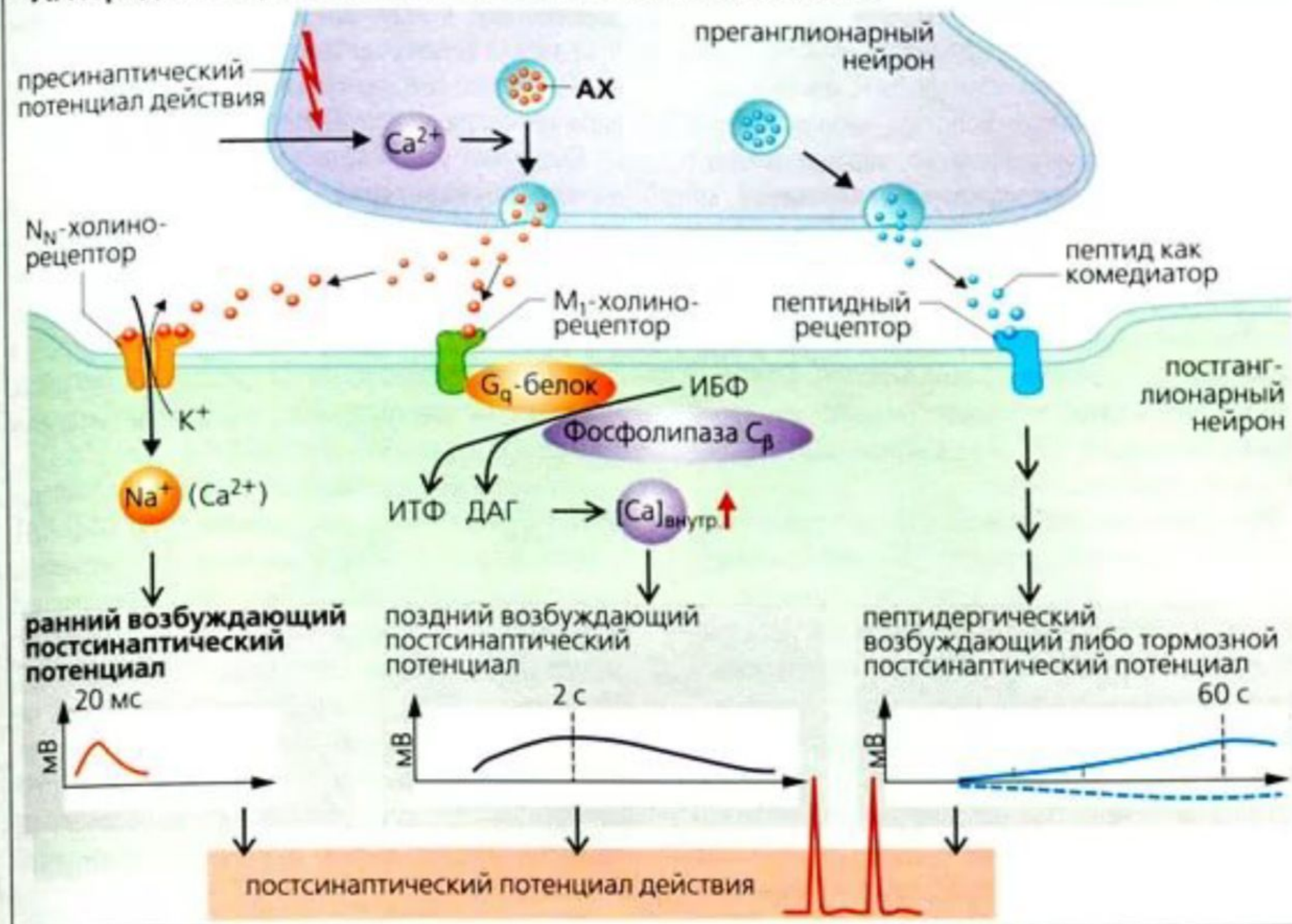
ХОЛИНЕРГИЧЕСКИЙ СИНАПС



АДРЕНЕРГИЧЕСКИЙ СИНАПС



Д. Передача нервного сигнала в вегетативных ганглиях

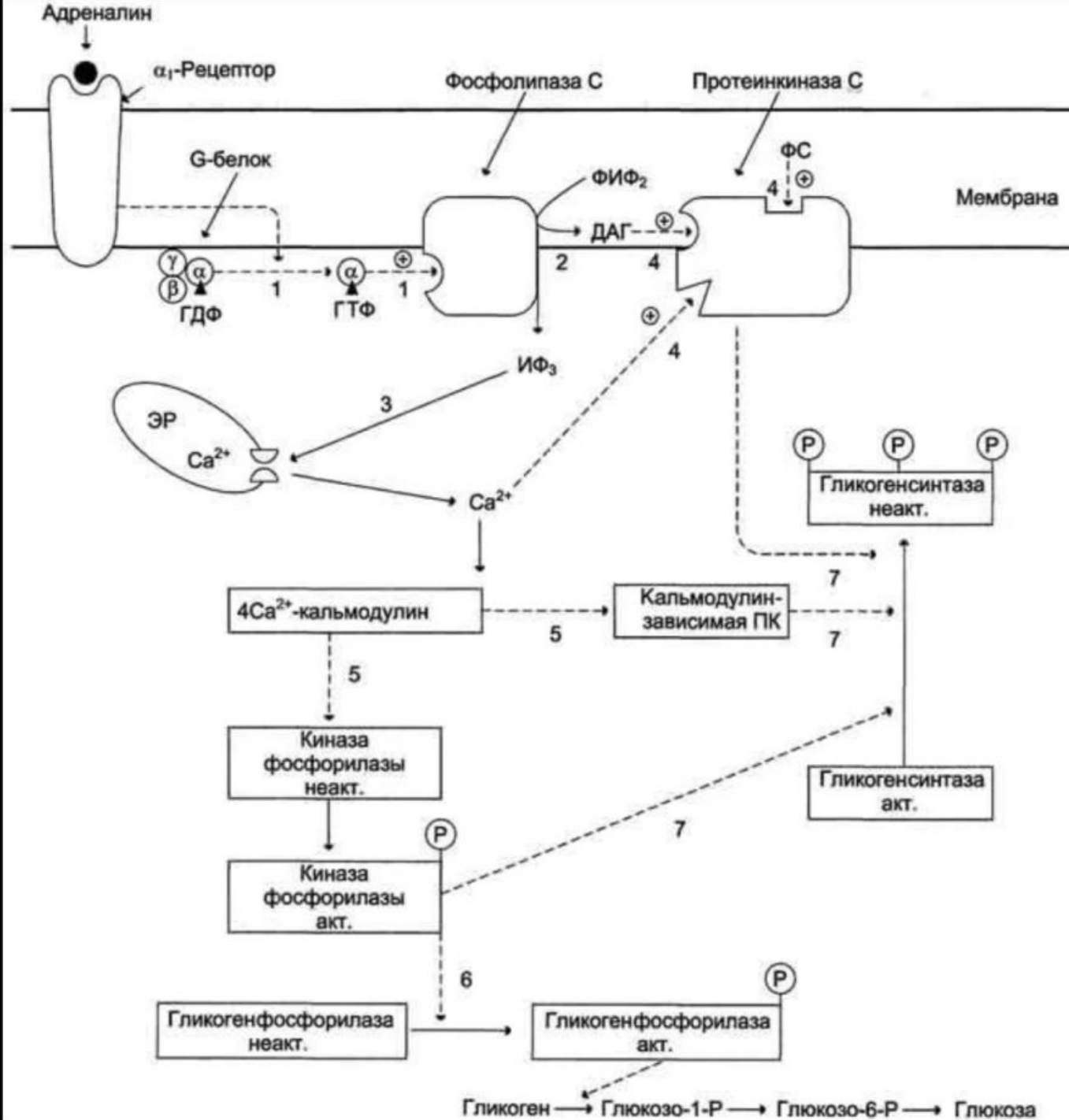


Стимуляция альфа1 адренорецепторов

Основные эффекты:

- расширение зрачков (сокращение радиальной мышцы радужки);
- сужение кровеносных сосудов





Стимуляция альфа2 адренорецепторов

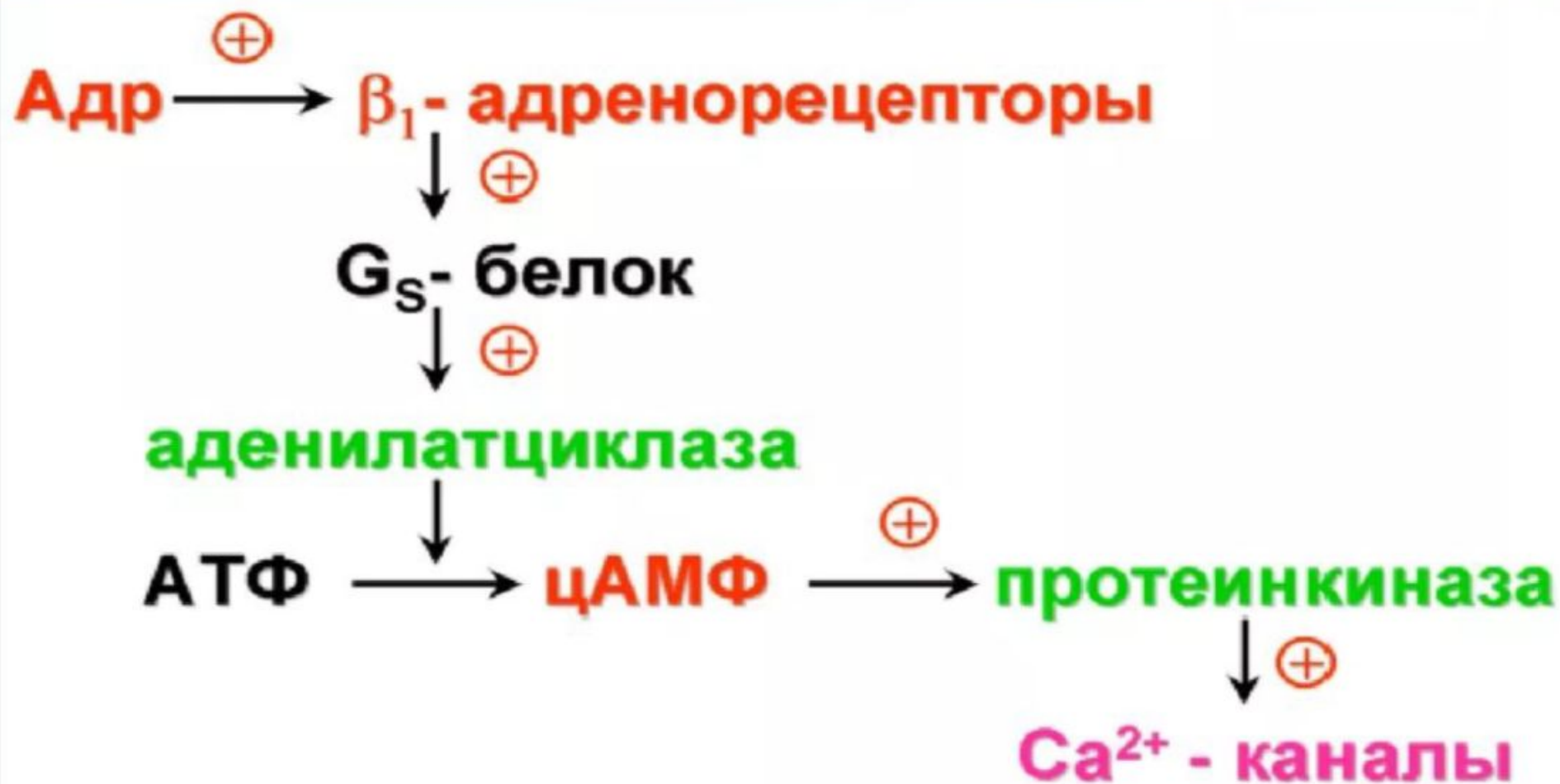
При угнетении аденилатциклазы активность киназы легких цепей миозина повышается, активируется фосфорилирование легких цепей миозина - сокращение гладких мышц кровеносных сосудов

Основной эффект - сужение кровеносных сосудов

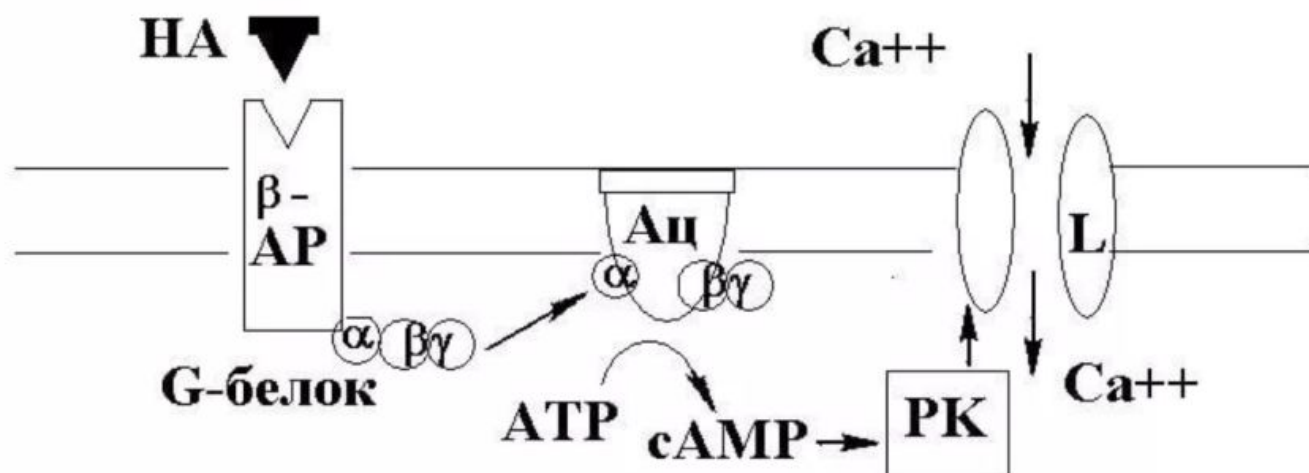


Стимуляция бета1 адренорецепторов

ионы кальция, поступающие через кальциевые каналы, активируют вход кальция из саркоплазматического ретикулума кардиомиоцитов. Связывая тормозной комплекс тропонин-тропомиозин, ионы кальция способствуют взаимодействию актина и миозина



Бета-адренорецептор



Стимуляция Бета 2

адренорецепторов

В гладких мышцах активация протеинкиназы ведет к снижению активности киназы легких цепей миозина, уменьшению фосфорилирования легких цепей миозина - расслаблению гладких мышц.

В клетках печени протеинкиназа угнетает гликогенсинтетазу и активирует фосфоорилазу; в результате повышается гликогенолиз

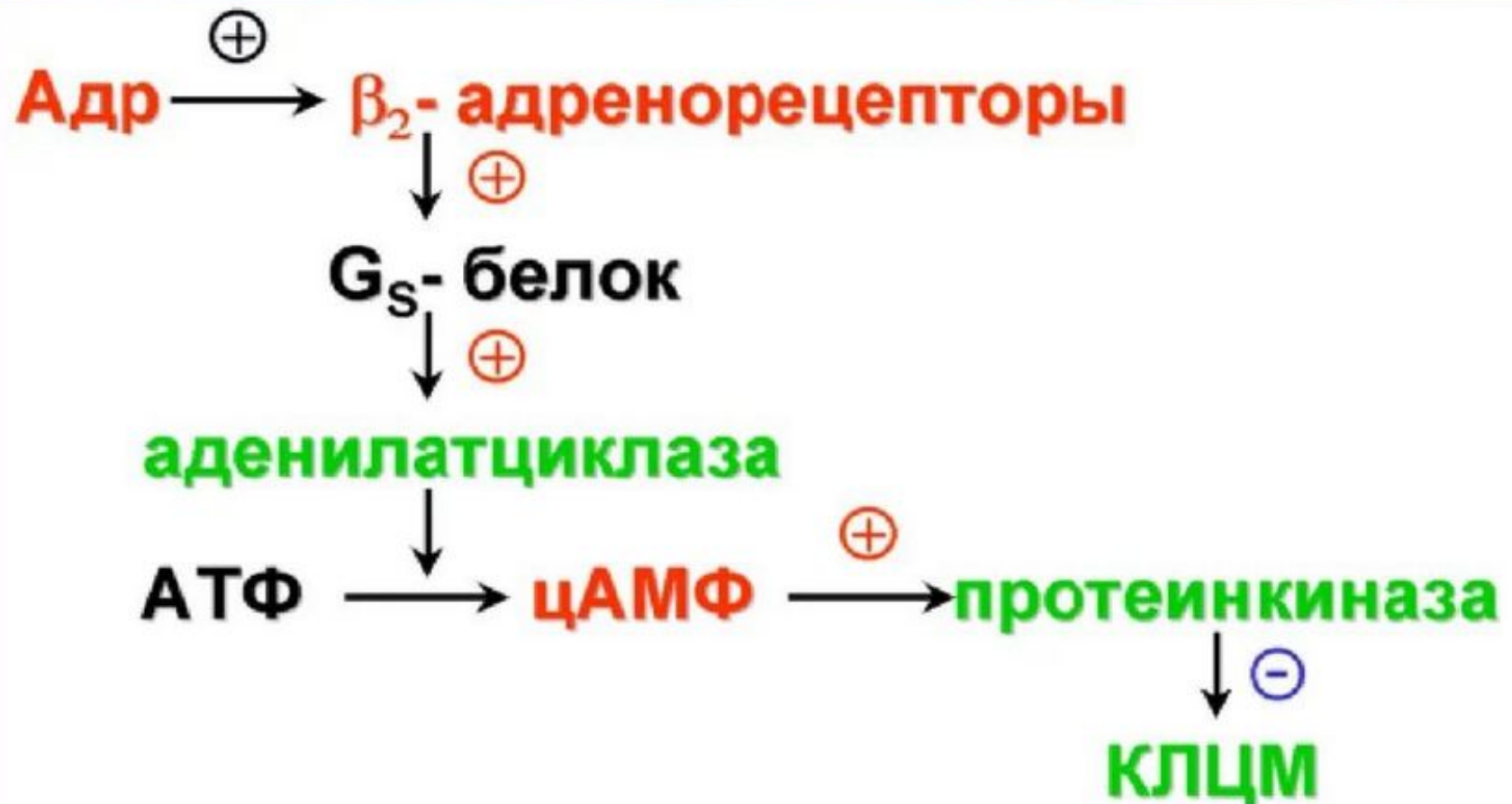
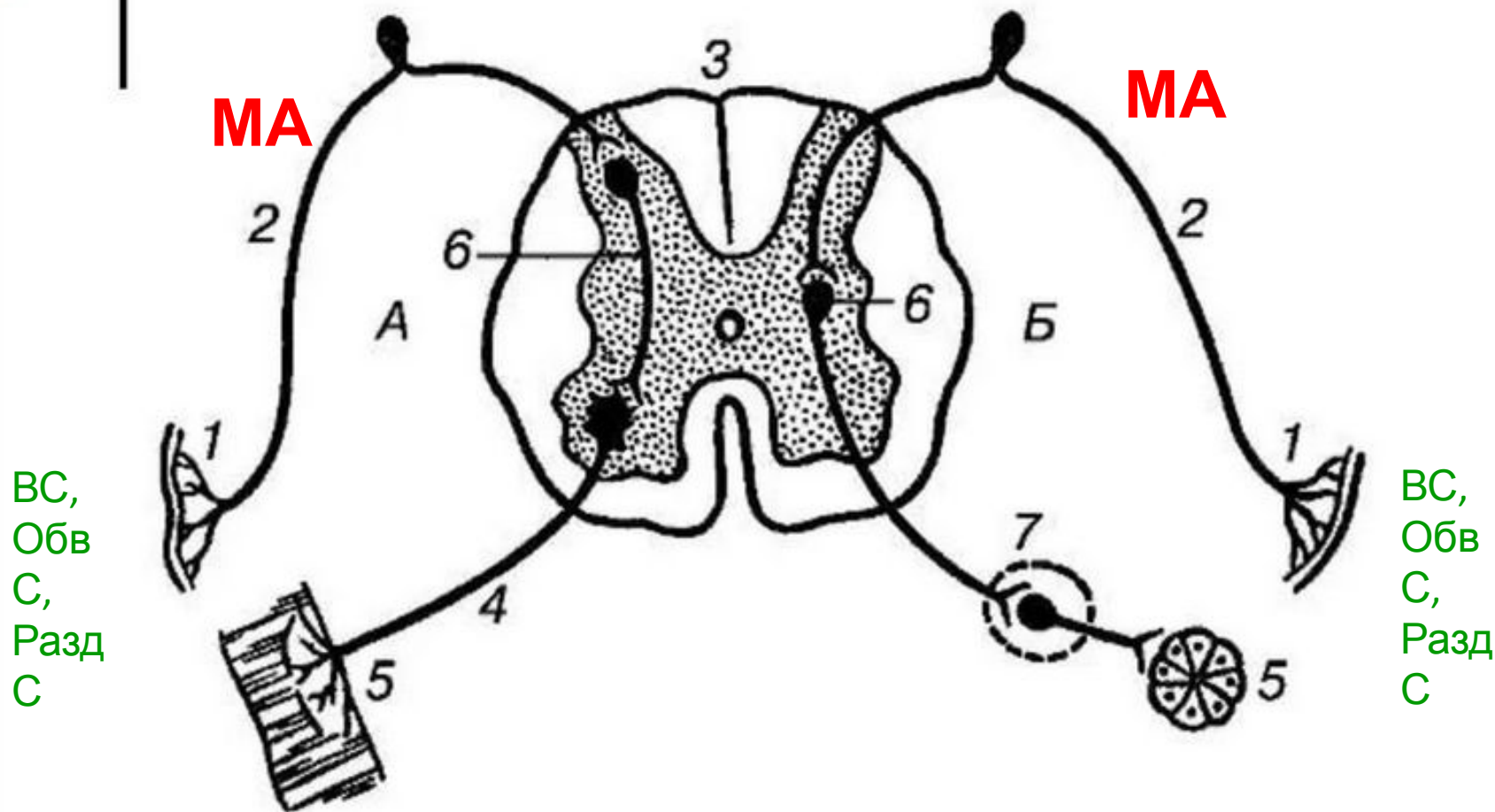


Схема рефлекторных дуг



А - соматического рефлекса; Б - вегетативного рефлекса; 1 - рецептор; 2 - чувствительный нейрон; 3 - центральная нервная система; 4 - двигательный нейрон; 5 - рабочий орган - мышца, железа; 6 - ассоциативный (вставочный нейрон); 7 - вегетативный узел (ганглий).

Средства, влияющие на адренергические синапсы

```
graph TD; A[Средства, влияющие на адренергические синапсы] --> B[адреномиметики]; A --> C[адреноблокаторы]; B --> D[α-адреномиметики]; B --> E[β-адреномиметики]; D --> F[α 1 – адреномиметики]; D --> G[α 2 – адреномиметики]; E --> H[β1 - адреномиметики]; E --> I[β2 - адреномиметики]; E --> J[β1 , β2 - адреномиметики]; E --> K[α, β - адреномиметики]; C --> L[α-адреноблокаторы]; C --> M[β-адреноблокаторы]; L --> N[α 1 – адреноблокаторы]; L --> O[α 1, α 2 – адреноблокаторы]; M --> P[β1 - адреноблкаторы]; M --> Q[β1 , β2 - адреноблокаторы]; R[Средства, влияющие на высвобождение НА] --> S[1. Симпатомиметики]; R --> T[2. Симпатолитики];
```

адреномиметики

α-адреномиметики

α 1 – адреномиметики

α 2 – адреномиметики

β - адреномиметики

β1 - адреномиметики

β2 - адреномиметики

β1 , β2 - адреномиметики

α, β - адреномиметики

адреноблокаторы

α-адреноблокаторы

α 1 – адреноблокаторы

α 1, α 2 – адреноблокаторы

β - адреноблокаторы

β1 - адреноблкаторы

β1 , β2 - адреноблокаторы

α, β - адреноблокаторы

Средства, влияющие на высвобождение НА

1. Симпатомиметики

2. Симпатолитики