

Физиология нервной системы

март 2016
проф. С.Л. Совершаева

- 1. Нервная система. общий план строения и функций**
- 2. Нейрон, нейроглия, синапсы в НС, нервные волокна**
- 3. Автономная нервная система**

1. НЕРВНАЯ СИСТЕМА. ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ

Организация нервной системы

НС – это сеть коммуникаций, обеспечивающая взаимодействие организма с внешней средой

Компоненты НС:

- **Сенсорные** (рецепторы, афферентные/чувствительные пути: взаимодействие с ОС)
- **Интегративные** (нервные центры в ЦНС: переработка и хранение сенсорной и другой информации)
- **Двигательные** (эфферентные/двигательные пути: управление движениями и секреторной деятельностью желез)

Функции нервной системы

- **Восприятие сенсорных стимулов** (преобразование энергии внешнего стимула в нервный сигнал специализированными нейронами – сенсорными рецепторами)
- **Переработка информации** (посредством ряда механизмов: трансформация сигналов, научение и память, мышление, эмоции и др.)
- **Формирование поведения и в целом ответных реакций органов и тканей**, как комплекса реакций организма на окружающую среду

Нервная система (отделы)

Центральная НС

- 1. Спинной мозг:**
шейный, грудной,
поясничный,
крестцовый и
копчиковый отделы
- 2. Головной мозг:** ствол
мозга, мост, мозжечок,
средний мозг,
гипоталамус,
базальные ганглии,
кора больших
полушарий

Периферическая НС

- 1. Сенсорные
компоненты**
(рецепторы,
афферентные
нейроны)
- 2. Двигательные
компоненты**
(соматические и
вегетативные
мотонейроны и их
отростки – нервы)

- **Продолговатый мозг:** жизненно важные центры регуляции дыхания, кровообращения, пищеварения, обмена веществ, защитные рефлексы рвота, чихание, кашель, моргание, проводниковая функция.
- **Мозжечок** и варолиев мост – задний мозг: координация сложных двигательных актов, тонус скелетных мышц, регуляция некоторых вегетативных функций (состав крови, сосудистые рефлексы).
- **Средний мозг:** проводниковая функция, первичные ориентировочные рефлексы на свет и звук: движение глаз, поворот головы в сторону источника раздражения, поддержание тонуса скелетных мышц.
- **Промежуточный мозг – таламус и гипоталамус:** эмоции, регуляция вегетативных функций, обмена веществ, температуры, постоянства внутренней среды (гомеостаза), эндокринной системы. В гипоталамусе - центры чувства насыщения, голода, жажды, регуляции сна и бодрствования.
- **Передний мозг** (два полушария): **подкорковые ядра** – инстинктивное поведение, **кора мозга: сенсорные зоны** - анализ информации от рецепторов тела, **ассоциативные зоны** – хранение, оценка информации: процессы запоминания, научения, мышления. Обеспечивает наиболее высокий уровень приспособления организма к условиям внешней среды. Кора больших полушарий – высшие психические функции.

2. НЕЙРОН, НЕЙРОГЛИЯ, СИНАПСЫ В НС, НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

ЦНС состоит из

- \approx 100 млрд **нейронов**,
- в 10-50 раз больше **глиальных клеток**.

Нейроны – основные строительные блоки НС,

- эволюционировали из примитивных нейроэффекторных клеток, реагирующих на стимулы сокращением,
- их функция – интеграция и передача нервных импульсов,
- в основе функций - процесс возбуждения

Нейрон- структурно-функциональная единица НС, обеспечивающая кодирование, хранение и передачу информации

Схема «идеального» нейрона и его основных компонентов.

- Большинство афферентных входов, поступающих по аксонам других клеток, оканчиваются синапсами на дендритах (д),
- но некоторые — синапсами на соме (С).
- Возбуждающие нервные окончания чаще располагаются дистально на дендритах,
- Тормозные чаще находятся на соме

- Нейроглия** – комплекс вспомогательных клеток нервной ткани, составляющих микроокружение для нейронов:
- вспомогательная функция в межнейронной коммуникация
 - обеспечивает условия для генерации и передачи нервных импульсов,
 - осуществляет часть метаболических процессов самого нейрона.

Функции

- опорная
- трофическая
- секреторная
- разграничительная и
- защитная

СИНАПСЫ. МЕЖНЕЙРОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Синапс – это участок, где электрические сигналы передаются от одной клетки к другой.

1. **Электрические синапсы/эфапсы** (нексусы, или щелевые контакты в гладких мышцах, сердечной мышце) - электрические потоки передаются непосредственно от клетки к клетке (**электротонически**)
2. **Химические синапсы** – для передачи сигнала используется выделяющийся под влиянием ПД - **нейротрансмиттер** из пресинаптического нейрона, диффундируя через синаптическую щель соединяется с рецепторами постсинаптической мембраны

Механизм синаптической передачи

1. Деполяризация пресинаптической мембраны
2. Диффузия медиатора в синаптическую щель
3. Взаимодействие медиатора с рецепторами постсинаптической мембраны
4. ПД постсинаптической мембраны
5. Инактивация медиатора
 - обратный захват
 - диффузия в межклеточное пространство и ферментативное разрушение

По локализации различают синапсы:

- **центральные** (головной и спинной мозг) и
- **периферические** (нервно-мышечный, нейросекреторный синапс вегетативной нервной системы),

По конечному эффекту (в зависимости от типа медиатора и рецептора):

- **тормозные** и
- **возбуждающие.**

Анатомически нейронеурональные синапсы делятся на

- аксосоматические, аксоаксональные, аксодендритические, дендросоматические.

В зависимости от медиатора синапсы разделяются на

- **аминергические**, содержащие биогенные амины (например, серотонин, дофамин; норадреналин и пр.)
- **холинергические**, содержащие ацетилхолин;
- **пуринергические**, содержащие пурины;
- **пептидергические**, содержащие пептиды.

СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

- Односторонняя проводимость (вследствие асимметрии в строении).
- Наличие синаптической задержки (диффузия медиатора и взаимодействие с рецепторами).
- Возможность развития как возбуждения (деполяризация), так и торможения (гиперполяризация)
- Явления "облегчения" (при высокой частоте сигналов).
- Явление десенситизации - утратой чувствительности.
- Утомление синапса (истощение запасов медиатора, затруднение выделения медиатора, явление десенситизации)

- **Нейромедиаторы** (*нейротрансмиттеры, посредники*) — биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача электрического импульса между нейронами.

Молекулы медиаторов +рецепторные белки клеточной мембраны



цепь биохимических реакций



изменение трансмембранного тока ионов



деполяризация/гиперполяризации мембраны.

Группы медиаторов по химической природе

1) аминокислоты

- ГАМК, глицин, глутаминовая и др.

2) пептиды

- энкефалины
- соматостатин
- субстанция Р
- ангиотензин и др.

3) моноамины

- НА, А, серотонин, дофамин, гистамин и др.

другие

- оксид азота

Группы медиаторов по механизму действия

1) возбуждающие медиаторы

- норадреналин
- ацетилхолин
- дофамин
- гистамин

2) тормозные М.

- аамма-аминомасляная кислота (ГАМК)
- глицин

Типы нервных волокон (по Дж. Эрлангеру и Х. Гассеру)

А и В – миелинизированные (покрыты миелином)

- А ($A\alpha, \beta, \delta, \gamma$) – афференты и эфференты соматической НС
 - $d = 20 - 2 \text{ мкм}$;
 - $V = 120 - 12 \text{ м/с}$,
- В – преганглионарные волокна ВНС
 - $d = 1 - 3 \text{ мкм}$,
 - $V = 5 - 12 \text{ м/с}$

С – немиелинизированные

- $d = 0,3 - 1,3 \text{ мкм}$,
- $V = 0,5 - 2,3 \text{ м/с}$
- постганглионарные волокна ВНС,
- афференты некоторых болевых, тепловых и висцеральных рецепторов

3. АВТОНОМНАЯ (ВЕГЕТАТИВНАЯ) НЕРВНАЯ СИСТЕМА

АНС – это двигательная НС

- комплекс центральных и периферических структур НС, регулирующих деятельность внутренних органов, в т.ч. железы внутренней и внешней секреции, гладкие мышцы сосудов и органов
- функция АНС – эфферентное (двигательное) управление внутренними органами
 - поддержание гомеостаза (постоянства внутренней среды) организма

Анатомическая организация АНС

эффекторные нейроны

- 1) в ЦНС
- 2) в ганглиях – вне ЦНС

аксоны

- преганглионарные – преим. миелинизированы (В волокна),
 - **синапсы** на нейронах ганглиев АНС
- постганглионарные – немиелинизованные (С волокна)
 - **синапсы** на клетках-мишенях

отделы АНС:

- симпатический,
- парасимпатический,
- метасимпатический

Эффекты симпатического и парасимпатического отделов ВНС

Симпатическая нервная система

- Регуляция внутренних органов в условиях активности (стресс)
- Активация метаболизма
- Повышение энерготрат
- Повышение возбудимости ЦНС

Парасимпатическая нервная система

- Регуляция внутренних органов в покое
- Обеспечение реакций восстановления
- Запасание энергии

Парасимпатический отдел АНС

- головной мозг – ядра 4-х пар ЧМН

oculomotorius(III)
facialis (VII)
glossopharyngeus
(IX)
vagus (X)

- сакральный отдел спинного мозга

Симпатический отдел:

- нейроны боковых рогов спинного мозга
- симпатическая цепочка (паравертебральные ганглии)
- коллатеральные (превертебральные):
солнечное сплетение,
ресничный узел, верхний и нижний брыжеечные узлы) ганглии

Парасимпатический отдел ВНС

- **глазодвигательный нерв (III пара)**
 - регуляция диаметр зрачка, аккомодация хрусталика
- **лицевой нерв (VII пара) – ВЫХОДИТ ИЗ МОСТА**
 - иннервирует подчелюстную, подъязычную слюнные железы,
 - переключаясь в **крылонебном ганглии** иннервирует
 - слезные железы и слизистую носа, неба
- **языкоглоточный нерв (IX пара) –**
 - регуляция слюноотделения
 - преганглионарные волокна заканчиваются в **слуховом ганглии**,
 - постганглионарные – к околоушным железам.

- **Блуждающий нерв (X пара):**
 - иннервирует практически все внутренние органы до ободочной кишки.
- **Преганглионарные нейроны в S2 - S4:**
 - отвечают за иннервацию ободочной кишки и органов малого таза
 - дистальной части толстой кишки,
 - прямой кишки,
 - мочевого пузыря,
 - репродуктивных органов

Ганглии ПНС

- вблизи органов или интраорганно

Сравнение СНС и ПНС

Признаки	СНС	ПНС
Начало в ЦНС	Тораколюмбальный отдел	Краниосакральный отдел
Локализация ганглиев	Паравертебральные и превертебральные	ганглии около или в органах-мишенях
Длина волокон	Короткие преганглионарные Длинные постганглионарные	Длинные преганглионарные
Дивергенция нейронных путей	Выражена (1:17)	Минимальная (1:2)
Эффекторные системы	Повсеместно широко представлены	Более специфичны и локальны

В основе функционирования АНС – **рефлекторная дуга:**

висцеральные и соматические рецепторы
рецепторы (растяжения, хемо-, термо-, и
др.)

|

афферентные* пути в ЦНС

|

**эфферентные пути (нейроны и их аксоны
в ЦНС и за ее пределами)**

|

**эфферентные/двигательные нервные
волокна к эффекторам (внутренним
органам)**

* афферентные компоненты часто
игнорируются, поэтому принято говорить
об АНС как двигательной

Висцеральные рефлексy АНС:

- обычно бессознательные,
- автоматические,
- стереотипные,
- вовлекаются висцеральные рецепторы,
- медленные ответы (по сравн. с соматическими).

Некоторые авторы считают висцеральные афференты частью АНС,

Но... большинство относит к АНС только двигательные эфферентные пути

Пример висцерального рефлекса: барорефлекс регуляции АД

- 4)
 - 3)
 - 2)
 - 1)
 - 1) барорецепторы (растяжения) в каротидных артериях и аорте
 - 2) языкоглоточный нерв
 - 3) интеграция сигналов в прод. мозге
 - 4) эфферентные сигналы по блуждающему нерву
 - 5) эффектор - миокард (снижение активности сердца и АД)

В данном рефлексе -
отрицательная обратная связь:
 $\uparrow \text{АД} \rightarrow \downarrow \text{ЧСС}$ и сократимости
миокарда $\rightarrow \downarrow \text{АД}$.

5)

Метасимпатическая нервная система, МНС (по А.Д. Ноздрачеву)

- часть АНС, комплекс интрамуральных ганглиев и соединяющих их нервов, а также отдельные нейроны и их отростки, расположенные **в стенках внутренних органов**.
- Эффекторный аппарат МНС - в стенках полых висцеральных органов,
 - гладкие мышцы,
 - секреторный, всасывающий и экскреторный эпителий,
 - капиллярная сеть,
 - эндокринные клетки,
 - иммунные образования.
- **специфична для МНС**
 - высокая степень независимости от ЦНС

Выделяют

- энтерометасимпатическую,
- кардиометасимпатическую,
- уретрометасимпатическую,
- везикулометасимпатическую,
- утерометасимпатическую НС

Метасимпатическая нервная система

- 1) внутренние органы с собственной моторной активностью:
 - ГМК, всасывающий и секретирующий эпителий, ГМК сосудов, местные эндокринные элементы, иммунные структуры,
- 2) получает синаптические входы от СНС и ПНС,
- 3) наряду с общими висцеральными афферентами
 - собственное сенсорное звено,
- 4) выражена независимость от ЦНС,
- 5) при блокаде метасимпатических путей
 - органы утрачивают способность к координированной ритмической моторной и другим функциям,
- 6) имеет собственное медиаторное звено
 - серотонин, АХ, пурины, НА, пептиды, гистамин

Два отдела АНС: симпатический и парасимпатический

- сходные или противоположные (антагонизм) эффекты
- обеспечивают приспособительные реакции (синергизм)

СНС – готовит организм к физической активности:

- ↑ расход Е, возбудимость НС,
- ↑ ЧСС, АД, ЛВ, глюкозу крови, кровоток в миокарде и скелетных мышцах,
- ↓ кровоток в коже и ЖКТр

Кэннон – реакция «борьбы или бегства» (нападение, защита, избегание опасности).

В современной жизни:
активация, соревнования,
стресс, опасность,
стенические эмоции

ПНС – эффекты восстановления функций:

- ↓ расхода энергии и
- поддержание нормальной жизнедеятельности путем
 - активации пищеварения,
 - удаления токсинов, продуктов метаболизма.

Состояние «отдыха и восстановления»

Характеристика двух отделов АНС

- **содружественная** работа двух отделов АНС (относительный антагонизм и синергизм как проявление адаптации организма)
- вегетативный **тонус покоя** (симпато/ваготония, сбалансированный тонус двух отделов)
 - потребности организма – баланс СНС и ПНС
- оба отдела могут вызывать реакции активации и торможения на эффекторных клетках
 - эффекты АНС зависят от
 - 1) вида нейротрансммиттера и
 - 2) рецепторов к нему на клетках-мишенях (напр., α и β на ГМК сосудов)

Медиаторы (нейротрансмиттеры) ВНС

СНС

- медиаторы – ацетилхолин, норадреналин
- рецепторы – альфа, бета-адренорецепторы

ПНС

- медиатор – ацетилхолин
- рецепторы – Н, М-холинорецепторы
 - Н-никотин чувствительные,
 - М-мускарин чувствительные

H-
холинорецепторы



H-
холинорецепторы

α, β
адренорецепторы



M-
холинорецепторы

Нейротрансмиттеры

АНС имеет

- *холинергические* волокна (ацетилхолин)
 - все преганглионары в обеих отделах АНС,
 - постганглионары в ПНС и части СНС (инн. потовые железы и некоторые сосуды)
- *адренергические* волокна (норадреналин)
 - большинство симпатических постганглионарных волокон
- *нехолинергические/неадренергические* волокна

Холинергические рецепторы

Два типа рецепторов к АХ

- **никотиновые** (блокируются ядом кураре)
 - ионотропные
 - на постсинаптических клетках в ганглиях АНС
 - в мозговом в-ве надпочечников
 - в нервно-мышечных синапсах (соматической НС)
- **мускариновые** (блокируются атропином)
 - метаботропные
 - на клетках всех желез
 - на ГМК,
 - на клетках миокарда, получающих холинергическую иннервацию

Н – холинорецепторы – в ганглиях АНС

М – холинорецепторы - чаще на эффекторах (а также в ЦНС)

М1 – ганглии

М2 – сердце

М3 – мышцы

Адренергические рецепторы

Это метаботропные рецепторы, ассоциированные с G-белками

- **G-белки** - семейство белков (ГТФ-азы) – вторичных посредников во внутриклеточных сигнальных каскадах
 - в сигнальном механизме они используют замену ГДФ на ГТФ как молекулярный функциональный «выключатель» для регулировки клеточных процессов.

Типы адренорецепторов:

- **альфа1,2**
 - преимущественно возбуждение:
 - напр., вазоконстрикция
- **бета1,2,3**
 - преимущественно торможение:
 - напр., вазодилатация, бронходилатация

Подтипы адренорецепторов

Gq

Gi

Gs

- α_1 -Gq-протеин связанный рецептор (от **G proteins** – гаунин-нуклеотидсвязывающий протеин)
- α_2 -Gi – протеин связанный рецептор

сокращение
ГМК

угнет.
выдел.
нейро-
транс-
миттера

сокр .
ГМК сокр.миокарда,
 рассл. ГМК,
 гликогенолиз

$\beta_{1,2,3}$ -Gs – протеин
связанные рецепторы –
АЦ – цАМФ;

α –рецепторы, общие эффекты

- сужение сосудов
 - артерий сердца
 - вен
- сокращение матки,
- расслабление гладких мышц кишечника,
 - снижение моторики ЖКТр
- сокращение мочеточников, сфинктеров кишечника, и капсулы селезенки,
- расширение зрачков,
- примерно одинаково чувствительны к А и НА

α_1 рецепторы

- из группы G-белок связанных рецепторов
 - Gq активирует фосфолипазу C, которая
 - повышает уровень инозитолтрифосфата и Ca^{++}
- Они запускают биологические эффекты:
 - сужение многих сосудов (кожа, ЖКТр, почки, мозг)
 - сокращение ГМК уретры, беременной матки, сфинктера мочеиспускательного канала, бронхиол
 - гликогенолиз и глюконеогенез в жировой ткани и печени,
 - секреция потовых желез,
 - реабсорбция натрия в почках

Антагонисты α_1 используют при лечении артериальной гипертензии

α_2 рецепторы

- 3 высоко гомологичных подтипа: А, В, С
- стимуляция приводит к
 - пресинаптическому торможению выделения НА из симпатических окончаний,
 - торможению выделения ацетилхолина из холинергических окончаний,
 - подавлению липолиза в адипоцитах,
 - угнетению секреции инсулина,
 - индукция выделения глюкагона,
 - стимуляции агрегации тромбоцитов,
 - сужению сосудов некоторых органов,
 - сокращение сфинктеров ЖКТ

β рецепторы ($\beta_{1,2,3}$)

- стимуляция вызывает
 - увеличение частоты и силы сердечных сокращений,
 - расширение сосудов и бронхов,
 - расширение коронарных артерий,
 - липолиз,
 - расслабление гладких мышц кишечника,

β₁

- одинаково чувствительны к адреналину и норадреналину
- повышение сердечного выброса (ЧСС и УО)
- выделение ренина клетками ЮГА
- липолиз в жировой ткани

β_2 рецепторы

- более чувствительны к адреналину , чем к норадреналину

Эффекты

- расслабление ГМК (напр., в бронхах) – расширение бронхов
- липолиз в жировой ткани
- расслабление небеременной матки
- расслабление детрузора мочевого пузыря
- расслабление артерий скелетных мышц
- липогенолиз (в печени), гликолиз (в мышцах), глюконеогенез (в печени)
- сокращение сфинктеров ЖКТ
- секреция вязкой слюны
- угнетение выделения гистамина тучными клетками
- увеличение секреции ренина в почках
- участие в индукции выработки иммуноглобулинов (IgG) лимфоцитами, их пролиферации

β3 рецепторы

- усиление липолиза в жировой ткани
 - ↑ теплопродукции при распаде бурого жира,
- общее содержание в организме может варьировать
 - меняется при повышении веса, инсулинорезистентности (ИНСД),
- выше сродство к норадреналину, чем к адреналину,
- в отличие от бета1 и бета2-адренорецепторов, не подвержены десенситизации,
- разрабатываются синтетические стимуляторы бета3-адренорецепторов для лечения ожирения
 - повышение интенсивности обмена

Внутренняя автономная иннервация

ство органов имеет
вическую и
мпатическую иннервацию

Вегетативные эффекты СНС

:

цессы пищеварения
эме кровообращения

Вегетативные эффекты:

два отдела действуют через
э эффекторы

вазация (ПНС – серозные
тки, СНС – мукозные
тки)

нктеры и ГМК стенки ЖКТР

Высшие центры вегетативной регуляции

Кора головного мозга

- нет постоянного контроля сознания за АНС (ВНС),
- но... наш разум влияет на АНС:
 - злость, ярость – повышение АД, увеличение ЧСС,
 - мысли о вкусной пище делают желудок более восприимчивым к ней,
 - сексуальные мысли или картины - прилив крови к половым органам и активация сексуальной функций

Гипоталамус:

- Регуляция температуры тела,
- Регуляция пищевого поведения,
- регуляция потребления воды

Другие структуры мозга:

- Подкорковые центры – информация о состоянии внутренних органов – активация нисходящих путей
- Лимбическая система – регуляция эмоционального поведения посредством активации ВНС

Гипоталамус

Гипоталамус – главный отдел ЦНС, регулирующий вегетативные функции

- Содержит ядра регуляции простейших функций
 - голод и жажда,
 - терморегуляция,
 - эмоции,
 - сексуальное поведение
- Стимуляция гипоталамуса →
 - активация организма по типу «борьбы или бегства» - типично для СНС или
 - эффекты восстановления, покоя, характерные для ПНС.
- Выходы их гипоталамуса → к ядрам более каудальных отделов ствола мозга → к симпатическим преганглионарным нейронам сп. мозга

Средний мозг, мост, продолговатый мозг

Ядра* черепномозговых нервов опосредуют вегетативные ответы:

- Глазодвигательный нерв (сужение зрачка),
- Лицевой нерв (слезоотделение, секреция носовых, небных, слюнных желез),
- Языкоглоточный нерв (слюноотделение, регуляция АД),
- Блуждающий нерв (главное парасимпатическое обеспечение органов грудной и брюшной полости).

*Эти ядра – часть ретикулярной формации, распространяющейся от продолговатого мозга до гипоталамуса.