

Лекция

тема: «Вегетативная нервная система»

1. Общая характеристика вегетативной нервной системы.
2. Симпатическая часть вегетативной нервной системы.
3. Парасимпатическая часть вегетативной нервной системы.
4. Филогенез и онтогенез вегетативной нервной системы.

1. Общая характеристика вегетативной нервной системы

Вегетативная нервная система (ВНС), также известная как **автономная** или **висцеральная**, представляет собой специализированный отдел нервной системы, который регулирует внутренние процессы организма, не подконтрольные сознанию. ВНС координирует деятельность внутренних органов, желез, гладкой мускулатуры и кровеносных сосудов, обеспечивая **гомеостаз** и **адаптацию** к меняющимся условиям среды.

ВНС регулирует жизненно важные процессы:

- **Дыхание, кровообращение, пищеварение, обмен веществ**
- **Температуру тела, водно-солевой баланс**
- **Выделение, репродукцию**

Действия ВНС в большинстве своем непроизвольны и могут происходить бессознательно, однако она находится под контролем высших нервных центров, таких как **гипоталамус** и **ретикулярная формация**.

ВНС подразделяется на два отдела, которые часто действуют как **антагонисты**, обеспечивая тонкую регуляцию органов.

- **Симпатическая часть:** активируется в условиях стресса, опасности или физической нагрузки, мобилизуя энергетические ресурсы организма.

- **Парасимпатическая часть:** преобладает в состоянии покоя, способствуя восстановлению и накоплению энергии, стимулируя процессы пищеварения и усвоения питательных веществ.

Анатомические отличия от периферической (соматической) нервной системы.

Ключевое морфологическое отличие ВНС заключается в **двухнейронном** пути передачи импульса от ЦНС к **эффекторному органу**.

1. **Первый нейрон (преганглионарный):** расположен в ЦНС. Его **миелинизированный аксон** покидает ЦНС и заканчивается в **вегетативном ганглии**, где передает импульс **второму нейрону**.

2. **Второй нейрон (постганглионарный):** находится в **вегетативном ганглии**. Его **немиелинизированный аксон** направляется к целевому органу (гладкой мышце, железе, сердечной мышце).

Локализация центров и ганглиев:

- **Симпатическая система:** тела **преганглионарных нейронов** находятся в **латеральных рогах** (в **латеральном промежуточном ядре**) **спинного мозга** на уровне сегментов от **C8 (T1) до L2-4** (грудопоясничный или тораколюмбальный отдел). **Постганглионарные нейроны** расположены в **паравертебральных** (симпатический ствол) или **превертебральных** (чревный, брыжеечные) ганглиях.

- **Парасимпатическая система:** тела **преганглионарных нейронов** находятся в **стволе головного мозга** (в составе ядер III, VII, IX, X черепных нервов) и в **крестцовом отделе спинного мозга (S2-S3)** (краниосакральный отдел). **Постганглионарные нейроны** расположены в **органных** или **интрамуральных** (внутристенных) ганглиях, часто вблизи или внутри иннервируемого органа.

Нейромедиаторы и рецепторы.

Отделы ВНС также различаются по основным нейромедиаторам, выделяемым в синапсах с эффекторными органами.

• **Парасимпатическая система:** и **преганглионарные**, и **постганглионарные** волокна используют **ацетилхолин (ACh)**. Поэтому ее называют **холинергической**. Рецепторы на органах-мишенях — **мускариновые (M1, M2, M3 и др.)**.

• **Симпатическая система:** **преганглионарные** волокна также используют **ацетилхолин**, а большинство **постганглионарных** волокон выделяют **норадреналин (NE)**. Поэтому ее называют **адренергической**. Рецепторы на органах-мишенях — **адренорецепторы (α и β типов)**. **Исключение:** симпатические волокна к потовым железам и некоторые сосудорасширяющие волокна к скелетным мышцам являются **холинергическими**.

Интеграция и контроль.

Несмотря на относительную автономность, **ВНС интегрирована** в единую нервную систему. Высшим подкорковым центром регуляции является **гипоталамус**. Многие органы (например, желудочно-кишечный тракт) имеют собственные **интрамуральные сплетения** (мышечно-кишечное, подслизистое), которые могут функционировать независимо, но модулируются сигналами от **ВНС**.

Каждый **внутренний орган** получает **тройную иннервацию**:

- чувствительные (афферентные) волокна,
- парасимпатические (или соматические) двигательные волокна,
- симпатические волокна.

Это обеспечивает точную, многокомпонентную и сбалансированную регуляцию функций органа в зависимости от состояния организма в целом.

2. Симпатическая часть вегетативной нервной системы

Симпатическая часть (*pars sympathica*) является одним из двух отделов вегетативной нервной системы, функционально ориентированным на мобилизацию организма в условиях стресса, опасности или повышенной активности.

1. Функциональная роль.

Основная задача симпатической системы — **активация и мобилизация энергетических ресурсов** организма для преодоления угрозы или выполнения интенсивной работы. Ее воздействие носит **диффузный** и **генерализованный** характер.

Эффекты на органы-мишени:

- **Сердце:** увеличение частоты и силы сердечных сокращений.
- **Легкие:** расслабление гладкой мускулатуры бронхов (бронходилатация) для улучшения воздушного потока.
- **Кровеносные сосуды:**

- **Сужение** сосудов кожи и слизистых оболочек (вазоконстрикция), что перераспределяет кровь к мышцам.

- **Расширение** сосудов скелетных мышц (вазодилатация).

- **Пищеварительная система:** снижение моторики и секреции.

- **Глаза:** расширение зрачка за счет сокращения радиальной мышцы радужки.

- **Другие эффекты:** стимуляция гликогенолиза в печени, расслабление мочевого пузыря, сокращение сфинктеров, стимуляция потоотделения (мерокриновых желез).

2. Центры и локализация преганглионарных нейронов.

Тела **первых (преганглионарных) нейронов** симпатической системы расположены в **спинном мозге** в пределах **тораколюмбального отдела**.

- **Конкретная локализация:** **боковые рога (латеральное промежуточное ядро)** серого вещества спинного мозга на уровне сегментов от **T1 (или C8) до L2 (или L4)**.

- **Аксоны** этих нейронов выходят из спинного мозга в составе **вентральных (передних) корешков**, после чего через **белые соединительные ветви (rr. communicantes albi)** направляются к ганглиям симпатического ствола. Эти ветви называются "**белыми**" из-за наличия **миелина** на преганглионарных волокнах.

3. Симпатические ганглии и пути.

Симпатические **ганглии** — это скопления тел **вторых (постганглионарных) нейронов**. Они подразделяются на 3 основные группы:

А. Паравертебральные ганглии (Симпатический ствол)

- **Симпатический ствол (truncus sympathicus)** — это парная цепь ганглиев, расположенная по бокам от позвоночного столба.
- **Ганглии** в шейном и краниальном грудном отделах часто сливаются, образуя крупные узлы:
 - **Шейно-грудной (звездчатый) ганглий (ganglion cervicothoracicum / stellatum):** образован слиянием каудального шейного и первых грудных ганглиев. Расположен медиально от первого ребра.
 - **Средний шейный ганглий (ganglion cervicale medium):** лежит в области входа в грудную полость.
 - **Краниальный шейный ганглий (ganglion cervicale craniale):** самый крупный, расположен вблизи основания черепа. Обеспечивает симпатическую иннервацию всей головы.

- От ганглиев **симпатического ствола** отходят **серые соединительные ветви (rr. communicantes grisei)**, содержащие **немиелинизированные** постганглионарные волокна, которые возвращаются в спинномозговые нервы для иннервации сосудов, желез и мышц тела, конечностей.

Б. Превертебральные (превисцеральные) ганглии

- Располагаются дистальнее, вблизи крупных ветвей брюшной аорты.
- **Основные ганглии:** **чревный, краниальный брыжеечный и каудальный брыжеечный**. Они иннервируют органы брюшной и тазовой полостей.

Пути преганглионарных волокон после входа в симпатический ствол:

1. Завершиться синапсом в **ганглии** на том же уровне.
2. Подняться или опуститься по стволу и завершиться синапсом в другом ганглии.
3. Пройти через ствол, не образуя синапса, и выйти в составе **внутренностных нервов** к превертебральным ганглиям.

Сводная таблица превертебральных ганглиев

Название ганглия	Локализация	Источник (преганглионарные нервы)	Основные органы иннервации
Чревный ганглий (<i>Ganglion celiacum</i>)	Вокруг чревной артерии (на уровне диафрагмы)	Большой внутренностный нерв (<i>n. splanchnicus major</i>) — от T6–T13	Желудок, печень, поджелудочная железа, селезёнка, начальный отдел тонкого кишечника, надпочечники
Краниальный брыжеечный ганглий (<i>Ganglion mesentericum craniale</i>)	У основания краниальной брыжеечной артерии	Большой внутренностный нерв (T6–T13) Малый внутренностный нерв (<i>n. splanchnicus minor</i>) — от последних грудных сегментов	Тонкий кишечник, начальный отдел толстого кишечника, почки, семенники/яичники
Каудальный брыжеечный ганглий (<i>Ganglion mesentericum caudale</i>)	У основания каудальной брыжеечной артерии	Поясничные внутренностные нервы (<i>nn. splanchnici lumbales</i>) — от L1–L4	Дистальный отдел толстого кишечника, прямая кишка, мочевой пузырь, половые органы
Почечный ганглий (<i>Ganglion renale</i>)	Вокруг почечной артерии	Большой внутренностный нерв (T6–T13)	Почки
Надпочечниковый ганглий (<i>Ganglion suprarenale</i>)	В области надпочечников	Большой внутренностный нерв (T6–T13)	Корковое и мозговое вещество надпочечников
Подчревный ганглий (<i>Ganglion hypogastricum</i>) <i>часто рассматривается как часть тазового сплетения</i>	В области выхода из брюшной полости, в тазу	От каудального брыжеечного ганглия через подчревный нерв (<i>n. hypogastricus</i>)	Мочевой пузырь, прямая кишка, наружные половые органы

4. Периферическое распределение и иннервация

А. Иннервация головы и шеи. Осуществляется через **краниальный шейный ганглий**.

- **Постганглионарные волокна** формируют сплетения вокруг артерий (внутренней и наружной сонной) или присоединяются к черепным нервам.
- **Эффекты:** расширение зрачка, сужение сосудов, незначительная секреция вязкой слюны, поднятие века.

Б. Иннервация грудных органов

- Осуществляется через **шейно-грудной и средний шейный ганглии**.
- Формируются **сердечные нервы (nn. cardiaci)**, входящие в **сердечное сплетение (pl. cardiacus)**.
- **Эффекты:** увеличение частоты и силы сердечных сокращений, увеличение проводимости в атриовентрикулярном узле, расслабление мускулатуры бронхов.

В. Иннервация органов брюшной полости и таза. Осуществляется через **внутренностные нервы**:

- **Большой внутренностный нерв (n. splanchnicus major)** от **T6-T13** → **чревный и краниальный брыжеечный ганглии**.
- **Малый внутренностный нерв (n. splanchnicus minor)** от последних грудных сегментов → **краниальный брыжеечный ганглий**.
- **Поясничные внутренностные нервы (nn. splanchnici lumbales)** → **каудальный брыжеечный ганглий**.

От каудального брыжеечного ганглия идет **подчревный нерв (n. hypogastricus)** к органам таза.

Эффекты: угнетение моторики и секреции ЖКТ, сокращение сфинктеров, расслабление детрузора мочевого пузыря.

Г. Иннервация стенок тела и конечностей

Постганглионарные волокна из **ганглиев симпатического ствола** через **серые соединительные ветви** возвращаются во все **спинномозговые нервы**.

Иннервируют: гладкие мышцы сосудов, **мерокриновые потовые железы**, **мышцы, поднимающие волосы**.

5. Нейромедиаторы и рецепторы.

Преганглионарные волокна (и симпатические, и парасимпатические) выделяют **ацетилхолин**, который действует на **никотиновые рецепторы** в ганглии.

Большинство постганглионарных волокон выделяют **норадреналин**, действующий на **адренорецепторы (α и β -типа)** органов-мишеней.
Исключения (холинергические симпатические волокна):

- **Потовые железы (мерокриновые):** постганглионарные волокна выделяют **ацетилхолин**, действующий на **мускариновые рецепторы**.

- **Некоторые сосуды скелетных мышц:** выделяют **ацетилхолин**, вызывая вазодилатацию.

6. Особый случай: Мозговое вещество надпочечников.

Его **хромаффинные клетки** иннервируются **прямыми преганглионарными симпатическими волокнами** (минуя постганглионарный нейрон). В ответ на стимуляцию они выделяют **адреналин** и небольшое количество **норадреналина** непосредственно в кровь, **усиливая и пролонгируя** системные эффекты симпатической активации.

3. Парасимпатическая часть вегетативной нервной системы.

Парасимпатическая часть (лат. *pars parasympathica*) — это отдел вегетативной нервной системы, обеспечивающий **восстановление энергетических ресурсов** и поддержание **гомеостаза** в состоянии **покоя**.

1. Функциональная характеристика

Основная роль — **экономия энергии** и обеспечение **основных жизненных функций** организма:

- **Сердце:** снижение частоты и силы сокращений
- **Дыхание:** сужение бронхов (**бронхоконстрикция**)
- **Пищеварение:** усиление **перистальтики** и **секреции**
- **Зрение:** сужение зрачка и аккомодация

2. Центральные отделы парасимпатической части

Преганглионарные нейроны расположены по **краниосакральному** принципу:

Краниальная часть (ствол мозга):

- **Ядро глазодвигательного нерва** (III пара) ---> в среднем мозге
- **Ростральное слюноотделительное ядро** (VII пара) ---> в продолговатом мозге
- **Каудальное слюноотделительное ядро** (IX пара) ---> в продолговатом мозге
- **Дорсальное ядро блуждающего нерва** (X пара) ---> в продолговатом мозге

Сакральная часть:

- **Промежуточно-латеральное ядро** крестцовых сегментов **S2-S3**

3. Периферические отделы

Краниальные ганглии:

1. **Ресничный ганглий** — мышцы глаза
2. **Крылонёбный ганглий** — слезные и носовые железы
3. **Нижнечелюстной ганглий** — нижнечелюстная и подъязычная железы
4. **Ушной ганглий** — околоушная железа

Интрамуральные ганглии - расположены в стенках внутренних органов. Получают сигналы от:

- **Блуждающего нерва** — обеспечивает парасимпатическую иннервацию органов грудной полости и большей части органов брюшной полости, включая желудок, тонкий кишечник и проксимальные отделы толстого кишечника

- **Тазовых нервов** — иннервируют органы малого таза.

Их **постганглионарные волокна** — это **кратчайшие** пути к гладкой мускулатуре, железам и мышцам этого органа (например, в стенке желудка, кишки, мочевого пузыря).

Принципиальное **отличие парасимпатической части** вегетативной нервной системы от **симпатической части** заключается в том, что ее **ганглии (и тела постганглионарных нейронов)** расположены **максимально близко к органу-мишени** или прямо в его стенке. Поэтому **постганглионарные волокна очень короткие**. Это контрастирует с симпатической системой, где ганглии находятся далеко от органов (возле позвоночника), а постганглионарные волокна — длинные.

4. Филогенез и онтогенез вегетативной нервной системы.

1. Филогенез ВНС (эволюционное развитие)

У беспозвоночных:

У **беспозвоночных** происходит первичное выделение элементов, предназначенных для иннервации кишечной трубки, из соматического отдела нервной системы.

У **аннелид** (кольчатых червей) появляются нервы, отходящие от глоточного ганглия и имеющие самостоятельные ганглии.

У **членистоногих** эти нервы достигают значительного развития. У высших насекомых намечается разделение на части: **краниальный** и **каудальный** отделы соответствуют **парасимпатической**, а **средний** — **симпатической** части.

У позвоночных:

У **круглоротых** самостоятельных **вегетативных ганглиев** еще нет, но имеется блуждающий нерв и висцеральные ветви, отходящие от спинномозговых нервов. Нервные клетки размещаются **метамерно** вдоль аорты.

Начиная с **костистых рыб**, ганглии объединяются между собой межганглионарными связями, образуя правый и левый **симпатические стволы**, которые заходят в область головы и хвоста.

У **земноводных** за счет образования двойных связей между ганглиями идет формирование двойного (поверхностного и глубокого) **симпатического ствола**.

У **наземных позвоночных** в связи с подразделением тела на отделы происходит **слияние отдельных ганглиев** (особенно в шейном отделе) и сокращение их числа в брюшном отделе, что соответствует удлинению пищеварительной трубки и редукции сегментарных сосудов.

Эволюционный тренд: прослеживается путь от **диффузной метамерной** организации у низших позвоночных к формированию **концентрированных макроскопических нервных стволов и сплетений** у высших позвоночных и млекопитающих.

2. Онтогенез ВНС (индивидуальное развитие)

Эмбриональные источники развития:

- **Симпатическая часть** развивается из клеток **нейроэктодермы** бокового отдела нервной трубки. Клетки-предшественники **мигрируют** из спинного мозга по вентральным корешкам спинномозговых нервов.
- **Парасимпатические** и **интрамуральные** ганглии образуются за счет выселения клеточных элементов из **стволовой части головного мозга** и **крестцового отдела спинного мозга**.

Основные этапы развития:

1. **Образование симпатических цепочек:** Мигрирующие клетки формируют парный **симпатический ствол**, который затем фрагментируется на отдельные **паравертебральные ганглии** (узлы симпатического ствола).

2. **Формирование превертебральных сплетений:** Часть клеток мигрирует дальше от **нервной трубки**, образуя **превертебральные ганглии** (чревное, брыжеечные сплетения) как отдельные скопления по ходу висцеральных нервов.

3. **Развитие парасимпатических ганглиев:** Клетки, мигрирующие от ствола мозга и крестцового отдела, образуют **органные** и **внутристенные (интрамуральные)** ганглии вблизи или внутри органов-мишеней.

4. **Установление связей:** Образовавшиеся ганглии устанавливают связи как между собой (межганглионарные ветви), так и со спинномозговыми нервами (белые и серые соединительные ветви) и иннервируемыми органами.

3. Сравнительная анатомия ВНС у домашних млекопитающих

- **Симпатический ствол** в шейном отделе у млекопитающих обычно представлен тремя ганглиями (краниальный, средний, шейно-грудной/звездчатый) из-за слияния первоначально сегментарных ганглиев.

- **Внутренностные нервы** у домашних животных формируются из преганглионарных волокон, проходящих через симпатический ствол без синапса (большой, малый чревные нервы, поясничные чревные нервы).

- **Блуждающий нерв** достигает наибольшего развития у жвачных животных в связи со сложным строением желудка, образуя разветвленные сплетения (сетчатое, книжковое, сычужное).

Таким образом, в процессе **филогенеза** и **онтогенеза** прослеживается общая закономерность: **вегетативная нервная система** развивается из **нейроэктодермы**, эволюционируя от диффузной, метамерно организованной сети у низших животных к сложной, иерархически организованной системе макроскопических стволов, ганглиев и сплетений у млекопитающих, обеспечивающей тонкую и интегрированную регуляцию висцеральных функций.