

## **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 **миelinизированный аксон** покидает ЦНС и заканчивается в **вегетативном ганглии**, где передает импульс **второму нейрону**.

2. **Второй нейрон (постгангионарный)**: находится в **вегетативном ганглии**. Его **немиelinизированный 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). **Постгангионарные 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)** (крайиосакральный отдел). **Постгангионарные 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-мишениях — **мускариновые (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub> и др.)**.

• **Симпатическая система:** **преганглионарные** волокна также используют **ацетилхолин**, а большинство **постганглионарных** волокон выделяют **норадреналин (NE)**. Поэтому ее называют **адренергической**. Рецепторы на органах-мишениях — **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 **центральных (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:

### **A. Паравертебральные ганглии (Симпатический ствол)**

- **Симпатический ствол (truncus sympatheticus)** — 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.

### **B. 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
<b>Чревный ганглий</b> <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
<b>Краинальный брыжеечный ганглий</b> <i>(Ganglion mesentericum craniale)</i>	У основания краинальной 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
<b>Каудальный брыжеечный ганглий</b> <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
<b>Почечный ганглий</b> <i>(Ganglion renale)</i>	Вокруг почечной артерии	Большой внутренностный нерв (T6–T13)	Почки
<b>Надпочечниковый ганглий</b> <i>(Ganglion suprarenale)</i>	В области надпочечников	Большой внутренностный нерв (T6–T13)	Корковое и мозговое вещество надпочечников
<b>Подчревный ганглий</b> <i>(Ganglion hypogastricum)</i> часто рассматривается как часть тазового сплетения	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 **краиальный шейный ганглий**.

- **Постгангионарные 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 краиальный брыжеечный ганглии.
- **Малый внутренностный нерв (n. splanchnicus minor)** от последних грудных сегментов → краиальный 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**

Постгангионарные 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.**

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

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

- **Потовые железы (мерокриновые):** постгангионарные 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 **прямymi** **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 **к्रаниосакральному** принципу:

##### **Краинальная 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**

##### **Краинальные 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

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

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

У **ANNELID** (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: **краинальный** 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 аорт.

Начиная с **костистых рыб**, ганглии объединяются между собой межгангионарными 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 трубы 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 трубы. 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 трубы**, 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 (краиальный, 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, съчужное).

**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.