



ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Гайыров Ахмет Гайырович

кандидат медицинских наук, старший преподаватель, Туркменский государственный медицинский университет им. Мырата Гаррыева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

Центральная нервная система (ЦНС) является высшим регулятором жизнедеятельности организма. Она обеспечивает интеграцию сенсорной информации, контроль двигательной активности, регуляцию внутренних органов и высшие психические функции. В статье рассматриваются основные физиологические принципы функционирования ЦНС, включая строение нейронов, проведение возбуждения, синаптическую передачу, работу спинного мозга, ствола, мозжечка и коры больших полушарий. Особое внимание уделяется механизмам рефлексорной деятельности и нейропластичности.

Ключевые слова: ЦНС, нейрон, синапс, мозг, рефлекс, нейротрансмиттер, кора, возбуждение.

1. Введение

Центральная нервная система (ЦНС) — это центральное звено регуляции и координации всех жизненно важных процессов организма человека. Она представляет собой высокоорганизованную биологическую структуру, включающую головной и спинной мозг, миллиарды нейронов и триллионы синаптических соединений. Благодаря работе ЦНС человек способен воспринимать и анализировать информацию из окружающей среды, отвечать на стимулы, контролировать произвольные и непроизвольные движения, а также формировать высшие психические функции, такие как сознание, мышление, речь, память и эмоции.

С физиологической точки зрения, ЦНС обеспечивает интеграцию деятельности всех органов и систем. Она принимает и обрабатывает сигналы от рецепторов, формирует ответные реакции, регулирует гомеостаз — внутреннюю стабильность организма, несмотря на изменения внешних условий. Центральная нервная система не просто реагирует на раздражения, но и активно прогнозирует возможные сценарии, адаптируя поведение индивида для повышения выживаемости и эффективности взаимодействия с внешней средой.

На клеточном уровне ЦНС состоит из специализированных нервных клеток — нейронов, и вспомогательных клеток — нейроглии. Основной функцией нейронов является проведение нервных импульсов и участие в синаптической передаче, тогда как глиальные клетки обеспечивают опору, питание, защиту и регуляцию среды, необходимой для функционирования нейронов. Комплексные связи между миллиардами этих клеток образуют динамичную сеть, способную к обучению, адаптации и восстановлению после повреждений.

Современная физиология ЦНС активно изучает механизмы генерации и проведения нервного импульса, принципы синаптической передачи, функциональную организацию различных отделов мозга и механизмы межструктурного взаимодействия. Большое внимание уделяется изучению нейропластичности — способности мозга изменяться под влиянием опыта, что лежит в основе обучения, памяти и восстановления функций после травм.

Таким образом, центральная нервная система — это не только анатомический и физиологический центр управления организмом, но и основа индивидуальности, сознания и познания окружающего мира. Понимание её функций имеет ключевое значение для медицины, психологии, нейронаук и целого ряда смежных дисциплин, направленных на поддержание и восстановление здоровья человека.

2. Нейроны и нейроглия: клеточная основа ЦНС

Центральная нервная система построена из двух основных типов клеток — нейронов и нейроглии, каждая из которых выполняет уникальные, но тесно взаимосвязанные функции, обеспечивающие сложную работу мозга и спинного мозга.

Нейроны являются основными структурно-функциональными единицами нервной системы. Это специализированные клетки, обладающие способностью к возбуждению и передаче электрических сигналов — нервных импульсов. Каждый нейрон состоит из **тела клетки (сомы)**, содержащего ядро и органеллы, **дендритов**, принимающих сигналы от других клеток, и **аксона**, по которому импульс передаётся дальше. На конце аксона располагаются синапсы — структуры, обеспечивающие химическую передачу сигнала к другим нейронам, мышцам или железам.

Нейроны классифицируются по выполняемым функциям:

- **Афферентные (чувствительные)** нейроны передают информацию от рецепторов к центральной нервной системе.
- **Эфферентные (двигательные)** нейроны направляют импульсы от ЦНС к исполнительным органам — мышцам и железам.
- **Вставочные (ассоциативные)** нейроны осуществляют связь между афферентными и эфферентными нейронами и формируют сложные нейронные сети внутри головного и спинного мозга.

Несмотря на то, что нейроны составляют меньшую часть клеточной популяции ЦНС, именно они обеспечивают передачу информации, обработку сигналов и реализацию всех высших функций мозга.

Нейроглия — это вспомогательные клетки, значительно превосходящие по численности нейроны. Их роль нельзя недооценивать: они обеспечивают структурную и метаболическую поддержку нейронов, участвуют в поддержании ионного баланса, образуют миелиновую оболочку, регулируют синаптическую передачу, участвуют в иммунных реакциях мозга и даже в процессах обучения и памяти.

К основным видам глиальных клеток относятся:

- **Астроциты** — выполняют барьерную, трофическую и регуляторную функции. Они участвуют в формировании гематоэнцефалического барьера, регулируют кровоток в мозге, утилизируют избыточные нейромедиаторы и ионы, способствуя гомеостазу нервной ткани.
- **Олигодендроциты** — формируют миелиновую оболочку вокруг аксонов в ЦНС, обеспечивая быструю и эффективную проводимость нервных импульсов.
- **Микроглия** — выполняет защитную функцию, действуя как макрофаги центральной нервной системы. Эти клетки активно участвуют в удалении повреждённых клеток и патогенов, а также в модуляции воспалительных процессов.

Таким образом, нейроны и глиальные клетки образуют тесно интегрированную и взаимозависимую систему. Без нейронов невозможна передача и обработка информации, но без нейроглии нейроны не смогли бы функционировать должным образом, подвергались бы быстрой деградации и утрате жизнеспособности. Слаженная работа этих клеток лежит в основе всего разнообразия функций центральной нервной системы.

3. Передача нервного импульса и синапсы

Передача информации в центральной нервной системе осуществляется за счёт **электрохимических процессов**, происходящих в нейронах. Основой этих процессов служат **изменения мембранного потенциала**, связанные с движением ионов через клеточную мембрану.

Мембранный потенциал покоя

В состоянии покоя мембрана нейрона обладает **разностью потенциалов** между внутренней и внешней стороной, составляющей около -70 мВ. Этот мембранный потенциал создаётся и поддерживается за счёт **неравномерного распределения ионов натрия (Na^+), калия (K^+), хлора (Cl^-)** и других ионов.

Основную роль играет **натрий-калиевый насос (Na⁺/K⁺-АТФаза)**, активно выкачивающий 3 иона натрия из клетки и закачивающий 2 иона калия внутрь клетки с затратой энергии АТФ. В результате внутренняя часть мембраны остаётся отрицательно заряженной по сравнению с внешней.

Генерация и проведение потенциала действия

Когда нейрон получает **возбуждающий сигнал**, происходит **деполяризация мембраны**: натриевые каналы открываются, и ионы Na⁺ быстро устремляются внутрь клетки, уменьшая отрицательный заряд. Если деполяризация достигает порогового значения (около -55 мВ), формируется **потенциал действия** — короткое и резкое изменение потенциала мембраны. Далее открываются калиевые каналы, и ионы K⁺ выходят из клетки, вызывая **реполяризацию** и восстановление исходного состояния. Этот процесс длится миллисекунды, но обеспечивает передачу сигнала по аксону на большие расстояния.

Проведение импульса по аксону может быть:

- **Непрерывным** — в немиелинизированных волокнах;
- **Сальтаторным** (скачкообразным) — в миелинизированных аксонах, где импульс "перепрыгивает" от одного перехвата Ранвье к другому, значительно ускоряя скорость передачи (до 120 м/с).

Синапсы: структура и функции

Сигнал с одного нейрона на другой передаётся через **синапс** — специализированное соединение между **пресинаптическим нейроном** и **постсинаптической клеткой** (другим нейроном, мышцей или железой).

Синапс состоит из:

- Пресинаптической мембраны;
- Синаптической щели (20–30 нм);
- Постсинаптической мембраны, содержащей рецепторы.

При приходе потенциала действия к пресинаптическому окончанию открываются **кальциевые каналы**, и Ca²⁺ ионы стимулируют **выброс нейромедиаторов** из везикул в синаптическую щель. Нейромедиаторы (например, **ацетилхолин, глутамат, дофамин, серотонин, ГАМК**) связываются с рецепторами на постсинаптической мембране, вызывая либо деполяризацию (возбуждающий эффект), либо гиперполяризацию (тормозящий эффект).

Пластичность синапсов

Синапсы обладают уникальной способностью к **пластичности** — изменению эффективности передачи сигнала в ответ на опыт, обучение или повреждение.

Синаптическая пластичность лежит в основе **памяти, обучения и адаптации**. Наиболее известные формы синаптической пластичности — **долговременное усиление (LTP)** и **долговременное угнетение (LTD)**, которые изменяют силу синаптической передачи на длительное время.

Синапсы играют ключевую роль в **нейрофизиологии**, связывая все отделы нервной системы в единую информационную сеть. Они обеспечивают интеграцию сигналов, принятие решений на клеточном уровне, а также тонкую регуляцию всех функций организма.

4. Строение и функции отделов центральной нервной системы

Центральная нервная система (ЦНС) состоит из **спинного мозга и головного мозга**, каждый из которых выполняет специфические функции в координации, регуляции и интеграции всех процессов, происходящих в организме. Каждый отдел обладает сложной структурой и взаимодействует с другими уровнями нервной регуляции, обеспечивая гомеостаз, адаптацию, произвольные и непроизвольные действия.

4.1 Спинной мозг

Спинной мозг представляет собой **удлинённую трубчатую структуру**, расположенную внутри позвоночного канала. Он состоит из серого вещества (внутри, в виде бабочки) и белого вещества (снаружи), содержащего проводящие пути. Спинной мозг сегментирован — в нём выделяют 31 сегмент, от каждого из которых отходят **пара спинномозговых нервов**, иннервирующих определённую область тела.

Основные функции:

- **Проводниковая** — передача сенсорной информации от периферии к головному мозгу и двигательных сигналов — от головного мозга к органам.
- **Рефлекторная** — обеспечение простейших автоматических реакций, таких как **коленный рефлекс, отдёргивание руки от горячего предмета, мочеиспускание и дефекация**. Эти рефлексы осуществляются за счёт **рефлекторных дуг**, не требующих участия сознания.

4.2 Ствол мозга

Ствол мозга включает три основные части: **продолговатый мозг, мост (варолиев мост)** и **средний мозг**. Это древнейшие отделы мозга, сохраняющие основные жизненные функции.

Функции:

- **Жизненно важные центры:** в продолговатом мозге расположены центры дыхания, сердечной деятельности, регуляции артериального давления, а также центр рвоты, глотания и кашля.
- **Проводниковая функция:** ствол соединяет спинной мозг с вышележащими отделами головного мозга, проводит чувствительные и двигательные импульсы.
- **Ядра черепно-мозговых нервов:** в стволе находятся ядра от III до XII пары черепных нервов, управляющих движением глаз, мимикой, глотанием и другими функциями.
- **Регуляция бодрствования и сна:** часть ретикулярной формации ствола участвует в поддержании сознания, внимания и сна.

4.3 Мозжечок

Мозжечок — структура, расположенная в задней черепной ямке, с характерной бороздчатой поверхностью и двумя полушариями.

Функции:

- **Координация движений** — мозжечок интегрирует сигналы от коры больших полушарий, вестибулярного аппарата и проприорецепторов для плавности и точности движений.
- **Контроль равновесия** — обеспечивает стабильное положение тела и походку.
- **Регуляция мышечного тонуса** — способствует поддержанию постоянного уровня напряжения в мышцах.
- **Обучение двигательным навыкам** — играет важную роль в автоматизации движений (например, езда на велосипеде, игра на музыкальных инструментах).

Повреждение мозжечка вызывает **атаксию** — нарушение координации движений, шаткость походки, дрожание конечностей при целенаправленных движениях.

4.4 Гипоталамус и таламус

Эти структуры образуют **промежуточный мозг** и играют ключевую роль в регуляции гомеостаза и интеграции сенсорной информации.

- **Таламус** — крупное парное образование, выполняющее функцию **сенсорного релейного центра:** вся чувствительная информация (зрение, слух, осязание, болевые импульсы) проходит через таламус, где она обрабатывается и направляется в соответствующие участки коры больших полушарий.
- **Гипоталамус** — главный **координирующий центр вегетативной нервной и эндокринной систем.** Он регулирует:

- температуру тела;
- чувство голода и жажды;
- половое поведение;
- циркадные ритмы (сон–бодрствование);
- эмоциональные реакции (взаимодействие с лимбической системой);
- выработку гормонов гипофиза (через гормоны-релизинг-факторы).

Гипоталамус жизненно необходим для **адаптации организма к внутренним и внешним изменениям.**

4.5 Кора больших полушарий

Кора — высший уровень организации ЦНС, состоящий из **шести слоёв нейронов**, выполняющих сложные **когнитивные, сенсорные и двигательные функции.** Кора разделена на **четыре основные доли:**

- **Лобная доля:** отвечает за планирование, речь (центр Брока), произвольные движения, контроль поведения, принятие решений.
- **Теменная доля:** обрабатывает информацию от кожных рецепторов и мышц, участвует в ориентации в пространстве.
- **Височная доля:** обеспечивает восприятие звуков, понимание речи (центр Вернике), участвует в памяти и эмоциональной обработке.
- **Затылочная доля:** отвечает за обработку зрительной информации.

Взаимосвязи между отделами коры обеспечивают **высшую нервную деятельность:** обучение, сознание, мотивацию, самосознание. **Нейропластичность** — способность мозга изменять свою структуру и функциональные связи — особенно выражена в детстве, но сохраняется на протяжении всей жизни.

5. Принципы работы ЦНС: рефлекторная дуга и пластичность

ЦНС функционирует по **принципу рефлекторной деятельности** — ответной реакции организма на раздражение.

Классическая рефлекторная дуга включает:

1. Рецептор
2. Афферентный нейрон
3. Центральные интеграционный элемент
4. Эфферентный нейрон
5. Эффлектор (мышца или железа)

Нейропластичность — способность нервной системы перестраиваться — лежит в основе восстановления после травм, обучения и формирования новых навыков. Развитие синапсов, формирование новых аксонов, а также влияние факторов среды (опыт, обучение, стимуляция) способствуют адаптации ЦНС.

Заключение

Физиология центральной нервной системы раскрывает тонкие механизмы, управляющие всей деятельностью организма. Понимание структуры и функций ЦНС важно не только для медицины и биологии, но и для психологии, педагогики и нейронаук. Современные исследования в области нейрофизиологии открывают новые перспективы в лечении заболеваний, реабилитации пациентов и создании интерфейсов мозг-компьютер. ЦНС — это удивительный и динамичный центр управления, обеспечивающий целостность человеческой личности и её взаимодействие с окружающим миром.

Литература

1. Гиляров А. Ю. — *Физиология нервной системы человека*. — М.: Медицина, 2020.
2. Шмидт Р. Ф., Теодорсен Д. — *Физиология человека*. — СПб: Лань, 2021.
3. Кандель Э., Шварц Дж. — *Принципы нейронауки*. — М.: Наука, 2020.
4. Медведев В. В. — *Основы нейрофизиологии*. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019.
5. Purves D. et al. — *Neuroscience*. — Oxford University Press, 2022.