



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**И. В. Гайворонский, Г. И. Ничипорук, А. И. Гайворонский**

# **АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ОРГАНОВ ЧУВСТВ**

**УЧЕБНИК ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА**

*Допущено Учебно-методическим отделом  
высшего образования в качестве учебника  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по психологическим направлениям и специальностям*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва • Юрайт • 2015**

УДК 611.8  
ББК 28.706я73  
Г14

**Авторы:**

**Гайворонский Иван Васильевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий кафедрой нормальной анатомии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова;

**Ничипорук Геннадий Иванович** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры морфологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета;

**Гайворонский Алексей Иванович** — доктор медицинских наук, преподаватель кафедры нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, доцент кафедры морфологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

**Рецензенты:**

*Колесников Л. Л.* — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека Московского государственного медико-стоматологического университета, академик РАМН, заслуженный деятель науки РФ;

*Щелкова О. Ю.* — доктор психологических наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской психологии и психофизиологии Санкт-Петербургского государственного университета.

**Гайворонский, И. В.**

Г14

Анатомия центральной нервной системы и органов чувств : учебник для академического бакалавриата / И. В. Гайворонский, Г. И. Ничипорук, А. И. Гайворонский. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 293 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-3677-3

Учебник «Анатомия центральной нервной системы» содержит современные систематизированные сведения о строении и функциях различных структур головного и спинного мозга. В нем кратко представлена информация об организации периферической нервной системы, а также органов чувств. Отличительной особенностью данного учебника является наличие сведений о прижизненных методах исследования центральной нервной системы и ее проводящих путях. Наряду с нормальной анатомией рассматриваются некоторые функциональные нарушения при поражении определенных структур нервной системы.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

*Для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Психология», «Клиническая психология», слушателей циклов постдипломной подготовки по данным специальностям, а также всех интересующихся особенностями строения и функционирования одной из сложнейших систем организма человека — нервной системы и органов чувств.*

УДК 611.8  
ББК 28.706я73

© Гайворонский И. В., Ничипорук Г. И.,  
Гайворонский А. И., 2013

ISBN 978-5-9916-3677-3

© ООО «Издательство Юрайт», 2015

# Оглавление

Предисловие .....	6
Введение.....	10

## Часть I

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

<b>Глава 1. Структурная организация нервной системы.....</b>	<b>24</b>
1.1. Классификация нервной системы.....	24
1.2. Нейроны .....	26
1.3. Нервные волокна.....	29
1.4. Нервные окончания.....	31
1.5. Общее понятие о рефлекторной деятельности.....	36
1.6. Филогенез нервной системы.....	39
1.7. Онтогенез нервной системы .....	40
<b>Глава 2. Спинной мозг.....</b>	<b>42</b>
2.1. Внешнее строение спинного мозга.....	42
2.2. Внутреннее строение спинного мозга .....	48
2.3. Сегментарный и проводниковый аппараты спинного мозга .....	52
2.4. Состав канатиков спинного мозга .....	55
2.5. Основные проявления поражений спинного мозга .....	60
2.6. Оболочки и межоболочечные пространства спинного мозга .....	62
<b>Глава 3. Головной мозг.....</b>	<b>65</b>
3.1. Общие данные о головном мозге .....	66
3.2. Ствол головного мозга.....	70
3.2.1. Продолговатый мозг .....	70
3.2.2. Основные проявления поражений продолговатого мозга .....	78
3.2.3. Мост.....	79
3.2.4. Основные проявления поражений моста.....	87

3.2.5. Средний мозг .....	88
3.2.6. Основные проявления поражений среднего мозга...	95
3.3. Сегментарный аппарат ствола головного мозга .....	96
3.4. Понятие о ретикулярной формации.....	97
3.5. Мозжечок .....	100
3.5.1. Основные проявления поражений мозжечка .....	106
3.6. Промежуточный мозг.....	107
3.6.1. Таламический мозг.....	108
3.6.2. Гипоталамус.....	111
3.6.3. Пути и центры промежуточного мозга.....	113
3.6.4. Основные проявления поражений промежуточного мозга .....	117
3.7. Конечный мозг .....	119
3.7.1. Кора полушарий большого мозга.....	119
3.7.2. Строение коры полушарий большого мозга.....	128
3.7.3. Динамическая локализация функций в коре полушарий большого мозга.....	133
3.7.4. Белое вещество полушарий большого мозга.....	143
3.7.5. Основные проявления поражений коры полушарий большого мозга.....	149
3.7.6. Обонятельный мозг.....	152
3.7.7. Базальные ядра .....	154
3.7.8. Основные проявления поражений базальных ядер...	158
3.8. Желудочки головного мозга .....	161
3.8.1. Боковые желудочки .....	161
3.8.2. Третий желудочек.....	163
3.8.3. Четвертый желудочек .....	164
3.9. Оболочки головного мозга.....	166

## **Глава 4. Проводящие пути центральной нервной системы ..... 171**

4.1. Общая характеристика проводящих путей центральной нервной системы .....	171
4.2. Афферентные проводящие пути .....	174
4.2.1. Пути общей чувствительности .....	174
4.2.2. Пути специальной чувствительности.....	183
4.3. Эфферентные проводящие пути .....	200
4.3.1. Пирамидные пути.....	200
4.3.2. Экстрапирамидные пути.....	205
4.4. Ассоциативные проводящие пути .....	213
4.5. Понятие об экстрапирамидной системе .....	216
4.6. Понятие о лимбической системе.....	218

<b>Глава 5. Прижизненная анатомия центральной нервной системы .....</b>	<b>221</b>
<b>Контрольные вопросы и задания к части I .....</b>	<b>224</b>

## **Часть II**

### **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

<b>Глава 6. Понятие о периферической нервной системе ...</b>	<b>228</b>
<b>Глава 7. Черепные нервы .....</b>	<b>232</b>
<b>Глава 8. Спинномозговые нервы .....</b>	<b>241</b>
<b>Глава 9. Вегетативная нервная система .....</b>	<b>251</b>
9.1. Симпатическая нервная система .....	252
9.2. Парасимпатическая нервная система.....	256
<b>Глава 10. Нервная регуляция функций органов.....</b>	<b>258</b>
10.1. Основные проявления дисбаланса вегетативной нервной системы .....	260
<b>Контрольные вопросы и задания к части II .....</b>	<b>262</b>

## **Часть III**

### **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ ОРГАНОВ ЧУВСТВ**

<b>Глава 11. Орган зрения .....</b>	<b>266</b>
11.1. Глазное яблоко .....	266
11.2. Вспомогательный аппарат глазного яблока.....	270
11.3. Проводящие пути и нервные центры зрительного анализатора.....	273
<b>Глава 12. Орган слуха и равновесия .....</b>	<b>275</b>
<b>Глава 13. Орган обоняния.....</b>	<b>282</b>
<b>Глава 14. Орган вкуса .....</b>	<b>284</b>
<b>Глава 15. Соматосенсорные органы. Кожа .....</b>	<b>287</b>
<b>Контрольные вопросы и задания к части III.....</b>	<b>290</b>
<b>Литература .....</b>	<b>292</b>

## Предисловие

Анатомия центральной нервной системы (ЦНС) — один из разделов дисциплины «Анатомия человека», посвященный изучению строения головного и спинного мозга. Эти два органа, исходя из их функционального предназначения, представляют в организме одну из важнейших систем — центральную нервную систему.

Центральная нервная система — это главная интегративно-регуляторная система человеческого организма, обеспечивающая регуляцию, координацию и функциональное взаимодействие отдельных органов и систем органов, а также формирующая целостность организма. Благодаря наличию высокоорганизованной центральной нервной системы человеческий организм является уникальной биологической системой, способной адаптироваться к изменениям внешней и внутренней среды, к саморегуляции и самосовершенствованию.

Кроме интегративно-регуляторной деятельности ЦНС, осуществляемой по рефлекторному принципу, головной мозг отвечает в организме человека за реализацию психических функций, которые включают в себя мыслительные процессы, память, поведенческие и эмоциональные реакции. Несомненно, в этих сложных процессах первостепенным должно быть точное знание структур головного мозга, ответственных за перечисленные выше функции.

Необходимо отметить, что благодаря накопившимся за многие столетия морфологическим, физиологическим и клиническим фактам современная анатомия обладает именно такими возможностями. Вместе с тем знания о строении и функции центральной нервной системы постоянно дополняются и развиваются.

Центральная нервная система — это лишь часть общей нервной системы человеческого организма, которая не способна функционировать без тесных морфофункциональных

связей со структурами периферической нервной системы, многообразными по своему строению и предназначению.

Учитывая данное обстоятельство, в предлагаемом учебнике представлена функциональная анатомия не только спинного и головного мозга, но и структур периферической нервной и вегетативной нервной систем, а также органов чувств.

Данный учебник рассчитан на специалистов-психологов, и прежде всего клинических психологов. Авторы убеждены, что познать психологию как науку без понимания структурно-функциональных особенностей организации нервной системы и органов чувств невозможно. В связи с этим вначале необходимо изучить общие принципы структурной организации нервной системы, а затем подробно рассмотреть строение спинного и головного мозга на макро- и микроуровнях.

Материал представлен с позиций функциональной анатомии. Такой принцип изучения позволяет понять не только строение, но и функциональное предназначение каждого из отделов, а также каждой из важных структур центральной нервной системы.

Действительно, на сегодняшний день мы знаем многие «тайны» структурной организации головного мозга, знаем морфофункциональные характеристики отдельных нервных центров и их связи. Квинтэссенцией изучения функциональной анатомии головного и спинного мозга является гл. 4 «Проводящие пути центральной нервной системы», которая позволяет понять структурно-функциональные связи отдельных нервных центров головного и спинного мозга, а также представить возможные функциональные нарушения при поражении определенных нервных центров или проводящих путей.

Как уже отмечалось, для целостного восприятия многоплановой роли нервной системы в частях II и III учебника даются краткие сведения о строении периферической нервной системы и органов чувств (органов зрения, обоняния, слуха и равновесия, вкуса и соматосенсорных органов). Таким образом, включенные в учебник темы охватывают практически весь диапазон знаний о строении нервной системы.

Изучив материал учебника, студент должен:

**знать**

- общие закономерности развития и строения нервной системы;

- внешнее и внутреннее строение головного и спинного мозга;
- локализацию нервных центров и их функциональное назначение;
- сегментарный и интеграционный аппараты центральной нервной системы;
- ядра, состав волокон, места выхода из мозга и из черепа, зоны иннервации черепных нервов;
- формирование и ветви спинномозговых нервов, а также зоны их иннервации;
- основные проводящие пути центральной нервной системы;
- строение зрительного, слухового, вестибулярного, вкусового и обонятельного анализаторов;
- строение и производные кожи;

#### ***уметь***

- отличать на препарате спинного мозга передние и задние корешки спинномозговых нервов, демонстрировать чувствительные узлы спинномозговых нервов;
- определять границы отделов головного мозга и демонстрировать относящиеся к ним структуры;
- определять основные борозды и извилины головного мозга;
- демонстрировать места выхода черепных нервов из мозга и черепа;
- схематически изображать рефлекторную дугу и основные проводящие пути центральной нервной системы;

#### ***владеть***

- навыками ориентации анатомических препаратов спинного и головного мозга;
- навыками чтения магнитно-резонансных томограмм спинного и головного мозга;
- навыками топической диагностики поражений нервных центров головного мозга;

#### ***быть компетентным***

- в вопросах функциональной анатомии спинного и головного мозга, практически их применять в образовательном процессе при изучении последующих дисциплин по специальности «Психология», а также при разработке специальных программ в реабилитационной практике при различных поражениях центральной нервной системы.

**Актуальность учебника.** Благодаря широкому внедрению высокоинформативных методик исследования в ана-



томии, физиологии и клинической медицине накопились новые сведения о строении и функциональном предназначении различных структур центральной нервной системы. Значительные изменения произошли за последние 20 лет. В соответствии с этим возникла необходимость в подготовке учебника по анатомии ЦНС, в котором нашли бы отражение самые современные представления о строении спинного и головного мозга.

**Новизна учебника** заключается в изложении материала с позиций функциональной анатомии, а также в многоуровневом подходе к изучению структурных особенностей каждого из отделов головного мозга (от макро- до микроуровня), интегрированности со смежными дисциплинами (гистологией, неврологией и др.).

**Структура.** Учебник состоит из трех частей, логично взаимосвязанных между собой — функциональная анатомия центральной нервной системы, функциональная анатомия периферической нервной системы и функциональная анатомия органов чувств. Каждая часть в свою очередь состоит из глав и параграфов, что позволяет четко рубрицировать материал. Текст богато иллюстрирован классическими и оригинальными рисунками и схемами.

**Целевая аудитория.** Учебник предназначен для студентов психологических факультетов, обучающихся по специальности «Психология», и прежде всего по специальности «Клиническая психология». Он будет полезен обучающимся по данным специальностям при постдипломной подготовке, а также всем интересующимся особенностями строения и функционирования одной из сложнейших систем организма человека — нервной системы и органов чувств.

## Введение

Установление научного факта о роли головного мозга как органа психической деятельности можно без сомнения считать важнейшим научным открытием человечества. Доказательства того, что психическая деятельность является проявлением функциональной активности мозга и, особенно, коры больших полушарий, базируются на различных анатомических знаниях, данных эмбриологии, физиологии, патологической анатомии и гистологии, а также многолетних клинических наблюдениях.

Мозг как орган психической деятельности в настоящее время стал сосредоточением научных интересов ряда дисциплин. Если раньше теории функционирования нервной системы основывались на чисто механистических представлениях, то в настоящее время головной мозг рассматривается как сложнейшее устройство интегрального типа, обеспечивающее взаимодействие различных структур нервной системы для обеспечения максимальной адаптации человека как единого целого к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Проблема изучения материального субстрата психической деятельности, в течение длительного времени находившаяся на острие многих научных и общепhilosophических течений, до сих пор продолжает вызывать огромный теоретический и практический интерес. Появление новых высокоинформативных методов изучения структуры и функции нервной системы, включая молекулярный уровень исследования, а также развитие психологических представлений о системной организации психической деятельности человека стратегически определили прогресс этого направления.

Использование новых методик изучения функционального предназначения различных нервных структур для максимально точной топической диагностики их поражений явилось мощным импульсом к пересмотру основных представлений о морфологических субстратах психологических

процессов и объяснения особенностей психической деятельности человека.

Современные методы изучения структурно-функциональной организации нервной системы можно разделить на морфологические, клинические и экспериментальные, хотя данная классификация является достаточно условной.

**I. Морфологические методы изучения нервной системы** включают следующие.

**1. Нейрогистологические методы.** С помощью специальных технологий изготавливают срезы тканей и производят их окраску различными красителями. Для изучения нервных структур используют микроскопическую световую и люминисцентную технику.

**2. Электронная микроскопия.** Для этого изготавливают ультратонкие срезы, окрашивают по специальным методикам и рассматривают составные части нервных клеток и внутриклеточных структур при больших увеличениях.

**3. Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия.** Этот метод основан на регистрации флуоресценции в фокусе лазерного луча, что позволяет создать трехмерную реконструкцию некоторых структур, в том числе отдельных нейронов.

**4. Исследование культуры клеток.** В искусственных средах культивируют одну или несколько популяций нервных клеток. Переживающие ткани и клеточные культуры мозга выращивают на специальных средах, изменяя соотношение тех или иных веществ, используя разнообразные тканевые гормоны. Это исследование позволяет изучить строение и механизмы активности отдельных нервных клеток и их отростков, значение их глиального и сосудистого окружения и т.д.

**5. Нейрогистохимические методы.** Они основаны на использовании специальных маркеров, таких как пероксидаза хрена, люциферовый желтый и др. Например, пероксидаза хрена после искусственного введения активно поглощается отростками нейрона и транспортируется в тело клетки. Это позволяет установить межнейронные связи изучаемых структур.

**6. Радиоавтография.** Используя радиоактивную метку, прижизненно наблюдают ее перемещение в структуре нейрона. Метка может быть связана с разнообразными веществами (глюкоза, аминокислоты, нуклеотиды, олигопептиды и т.д.). Тела нейронов поглощают радиоактивное вещество

и транспортируют его по своим аксонам. Этим методом определяют не только локализацию нервных структур, но и их активность.

**7. Использование моноклональных антител.** Данный метод позволяет выявлять строго определенные группы нейронов по образуемому ими медиатору. В результате развития реакции антиген — антитело возникает возможность зафиксировать состояние нервной ткани в момент гибели клетки и тем самым составить представление о прижизненной организации мозга.

**II. Клинические методы изучения нервной системы** включают следующие.

**1. Компьютерная и магнитно-резонансная томография мозга.** Данные методы позволяют выяснить особенности анатомической организации спинного и головного мозга, оценить локальные участки их повреждения.

**2. Позитронно-эмиссионная томография.** Метод основан на введении в мозговую кровотока позитронизлучающего короткоживущего изотопа. Данные о распределении радиоактивности в мозге обрабатываются в виде трехмерной реконструкции мозга и в зависимости от распределения кровотока позволяют судить об интенсивности обмена веществ и функциональной активности областей мозга, а также дают возможность прижизненного картирования активных структур мозга.

**3. Электроэнцефалография (ЭЭГ).** Метод основан на записи суммарной активности клеток коры головного мозга, которая осуществляется с помощью электродов, размещенных на поверхности кожи головы.

**4. Электrokортикография и электросубкортикография.** С помощью данных методов регистрируют электрические явления подкорковых и корковых структур — микроэлектроды вводят в определенные зоны коры полушарий большого мозга и в подкорковые ядра. Эти методы, в отличие от ЭЭГ, позволяют оценить функциональное состояние отдельных клеток, а не степень активности целой группы нейронов, уточнить локализацию и специализацию той или иной нервной клетки. Они могут использоваться во время проведения оперативных вмешательств на головном мозге.

**5. Реоэнцефалография (РЭГ).** Это метод исследования степени кровенаполнения сосудов головного мозга, позволяющий косвенно судить о функциональной активности его различных отделов.

**III. Экспериментальные методы изучения нервной системы** включают следующие.

**1. Метод разрушения нервной ткани.** Данный метод используется для установления функций исследуемых структур. Он осуществляется с помощью нейрохирургических пересечений нервных структур на необходимом уровне или разрушения необходимых структур с помощью электродов и микроэлектродов при пропускании через них электрического тока.

**2. Метод экстирпации.** У животного хирургическим путем удаляют определенные участки нервной ткани, отмечая происходящие преобразования после их удаления скальпелем или химического воздействия веществами, способными вызывать избирательную гибель нервных клеток. К этой же группе методов можно отнести клинические наблюдения при различных повреждениях нервных структур в результате травм (военных и бытовых).

**3. Метод нейронной активности.** Он основан на записи с помощью внутриклеточного электрода электрической активности изучаемой нервной клетки.

**4. Метод раздражения.** Он основан на раздражении электрическим током или химическими веществами различных структур нервной системы, в связи с чем различают:

а) раздражение рецепторов и определение структур центральной нервной системы, в которых возникает возбуждение;

б) раздражение зон центральной нервной системы и наблюдение за ответной реакцией (опыт Сеченова).

в) стереотаксическую электростимуляцию — раздражение определенных ядер центральной нервной системы с использованием микроэлектродов и регистрацией происходящих изменений. Этим методом была выявлена соматотопия коры и составлена карта двигательной зоны коры больших полушарий.

Необходимо понимать, что ни один из указанных методов не может в полной мере объяснить всех особенностей строения и функционирования различных структур нервной системы. Только интеграция результатов самых разнообразных исследований, рассматривающая нервные структуры от уровня целостной системы до данных молекулярно-биохимических и биофизических исследований, способна разрешить встающие перед исследователем вопросы.

Применение специальных форм анализа психических процессов при нарушениях различных структур мозга позволило вплотную подойти к пониманию внутренней психофизиологической сущности восприятия, эмоций, мышления, памяти, речи и т.д.

Тесная связь функциональной анатомии с такими областями медицинских и психологических знаний, как неврология, логопедия, специальная психология и др., позволяет решать насущные проблемы теоретической, клинической медицины и психологии.

**Краткий исторический экскурс.** Первые попытки решения вопросов соотношения между структурной организацией человеческого организма и пониманием особенностей протекания психических процессов проводились в рамках существующих философских и религиозных воззрений и сводились к поиску органа, которому можно было бы приписать роль «вместилища» психики. Многочисленные ошибочные гипотезы локализации психических функций выдвигались учеными Древней Греции. Наиболее ранние представления сводились к тому, что ответственным за реализацию психических функций является все тело. Позднее стали считать, что главным фактором телесной и психической жизни служит система кровообращения. В древнегреческом учении особое значение отводилось «пневме» как особому тончайшему веществу, циркулирующему по кровеносным сосудам и выполняющему функцию основного субстрата психики.

Следует отметить, что наряду с гуморальной гипотезой психических функций (от греч. *humor* — жидкость) существовали и другие. Так, указания на то, что мозг есть орган ощущения и мысли, принадлежат древнегреческому врачу **Алкмеону Кротонскому** (VI в. до н.э.), который пришел к подобному выводу в результате хирургических операций и наблюдений за поведением больных. В частности, он утверждал, что ощущение возникает благодаря особому строению периферических чувствующих аппаратов, которые имеют прямую связь с мозгом.

Следует назвать основных ученых, пытавшихся понять тайны психической деятельности человека.

**Пифагор** (570—490 гг. до н.э.) — философ и основатель учения о бессмертии души и ее переселении из тела в тело

в конце физической жизни. Он соотносил функцию разума с мозгом, аместилищем души считал сердце.

**Гиппократ** (около 460 года до н.э. — около 370 г. до н.э.) считал, что мозг является большой губчатой железой и органом, участвующим в обеспечении психических функций. Позднее он создал учение о четырех жидкостях (крови, слизи, черной и желтой желчи), сочетание которых определяет здоровье и психические особенности человека. Чувства и страсти он связывал с сердцем.

**Аристотель** (384—322 гг. до н.э.) сформулировал учение об «общем чувствилище». Его суть состояла в том, что для восприятия образов существуют органы чувств и центральный орган — мозг, который одновременно выполняет и роль органа осязания. Органом души у Аристотеля являлось сердце, а мозг рассматривался как железа, выделяющая слизь для охлаждения «теплоты сердца» и крови.

**Герофил** (335—280 гг. до н.э.) и **Эразистрат** (304—250 гг. до н.э.) на основании вскрытий стали дифференцировать нервы, ранее не отличающиеся от связок и сухожилий, а также обнаружили различия между чувствительными и двигательными нервами. Кроме того, они обратили внимание на различия рельефа коры головного мозга и ошибочно считали, что по количеству извилин люди отличаются по умственным способностям.

**Клавдий Гален** (129—210 гг. н.э.) считал, что мыслительные процессы связаны с жидкостью желудочков мозга, а также с сердцем и печенью. Он представлял нервную систему в виде ветвистого ствола, каждая из ветвей которого живет самостоятельной жизнью.

**Андреас Везалий** (1514—1564) — реформатор анатомии, достаточно подробно изучил строение головного мозга и пришел к выводу, что материальным субстратом психических процессов является вещество мозга, а не желудочковая система.

**Р. Декарт** (1596—1650), занимавшийся математическими и физиологическими исследованиями, разработал понятие о рефлексе. По его представлениям, взаимодействие организма с окружающим миром опосредуется нервной системой, состоящей из мозга (как центра) и «нервных трубок», расходящихся от него. По его представлениям душа локали-

зовалась в шишковидной железе, которая улавливала малейшие движения живых духов и под воздействием впечатлений направляла их к мышцам. Следовательно, действия внешних стимулов признавались приоритетными в качестве причины двигательных актов.

В XVII—XVIII вв. стали широко практиковаться экспериментальные методы исследования функционального предназначения структур мозга, основанные на удалении отдельных его участков. Они значительно продвинули представления о связи психических процессов с их возможным материальным носителем. Так, английский анатом **Т. Уиллис** (1621—1675) первым указал на роль «серой материи» (коры головного мозга) как носителя животного «духа». «Белая материя» мозга (белое вещество), по его мнению, обеспечивает доставку «духа» к другим частям тела, снабжая их ощущениями и движением. Ему принадлежит одно из первых мнений относительно объединительной роли мозолистого тела в работе двух полушарий.

К числу наиболее известных относятся исследования крупнейшего анатома начала XIX в. **Ф. Галля** (1758—1828). Он впервые описал различия между серым и белым веществом, высказал предположение, что умственные и психические способности человека связаны с отдельными, ограниченными участками мозга, которые, разрастаясь, образуют внешний рельеф черепа, позволяющий определять индивидуальные различия способностей личности. Ошибочные френологические карты Ф. Галля, представляющие собой необоснованную попытку проекции на череп различных функциональных зон коры большого мозга, скоро были преданы забвению, но они послужили толчком для продолжения работ по изучению роли отдельных извилин.

Труды **М. Дакса** (1771—1837) и **Ж. Б. Буйо** (1796—1881), выполненные на основании медицинских наблюдений, были посвящены предположениям о потере речи в результате локальных поражений мозга. Однако только в 1861 г. французский анатом и хирург **П. Брока** (1824—1880) выступил по этому вопросу на заседании Парижского антропологического общества. Он представил материалы изучения двух больных с потерей речи, обратив внимание на то, что это связано с поражением нижней лобной извилины левого полушария. Тем самым П. Брока заложил основы учения о дина-



мической локализации функций в коре больших полушарий головного мозга.

Наблюдения П. Брока стимулировали целую серию исследований, связанных с раздражением отдельных участков мозга электрическим током. В 1874 г. немецкий ученый **К. Вернике** (1848—1905) описал клинические случаи у больных с нарушениями понимания обращенной речи, у которых выявлялся очаг поражения в задних отделах верхней височной извилины.

**Э. Гитциг** (1807—1875), раздражая мозг пациентов с ранениями черепа слабым электрическим током, установил, что эти воздействия на область задней части мозга заставляли двигаться глаза. Он открыл зрительные зоны коры полушарий большого мозга.

Конец XIX в. ознаменовался крупнейшими успехами ученых-локализационистов, полагавших, что ограниченный участок мозга может являться «мозговым центром» какой-либо психической функции. Было установлено, что поражения затылочных долей мозга вызывают нарушения зрительного восприятия, а поражения теменной области — потерю способности правильно выполнять целенаправленное действие. Позднее в коре головного мозга были выделены «центр письма», «центр счета» и др. Одновременно в качестве контраргумента появляются исследования, указывающие на неполноту выпадения тех или иных функций при локальных поражениях мозга, на их связь со степенью общей потери вещества мозга.

Так, английский невролог **Д. Х. Джексон** (1835—1911) на основе динамического подхода обосновал теорию трехуровневой организации деятельности центральной нервной системы. По его представлениям, функция является результатом деятельности сложной «вертикальной» организации: низший уровень представлен стволовыми отделами мозга, средний уровень — чувствительными и двигательными участками коры, а высший — его лобными отделами. Он также высказал предположение, что патологические процессы в мозге проявляются не только выпадением каких-то функций, но и компенсаторной активацией других функций. Таким образом, оценивать расстройство следовало не только по симптомам выпадения функций, но и по симптомам высвобождения и реципрокной (антагонистичной) активации.

Известный патолог XIX в. **Р. Вирхов** (1821—1902) обосновал клеточную теорию патологии, которая послужила стимулом для изучения роли отдельных нервных клеток. В свете клеточной теории австрийский ученый **Т. Мейнерт** (1833—1892) произвел описание отдельных клеток коры головного мозга, приписывая им функцию носителя психических процессов. Киевский анатом **В. А. Бец** (1834—1894) в коре передней центральной извилины обнаружил гигантские пирамидные клетки и связал их с выполнением двигательных функций. Испанский гистолог и нейроанатом **С. Рамон-и-Кахаль** (1852—1934) обосновал нейронную теорию строения нервной системы и показал высокую степень ее сложности и упорядоченности.

Оценка локализации психических функций в ограниченных участках мозга сопровождалась получением обширного материала, на основании которого в 1934 г. немецкий психиатр **К. Клейст** (1879—1960), изучавший нарушения высших психических функций вследствие военных травм головного мозга, составил локализационную карту мозга. В ней он соотнес отдельные, в том числе и социально обусловленные, функции с деятельностью определенных участков коры.

Большую известность получили научные труды **К. Бродмана** (1868—1918) о цитоархитектонической карте коры головного мозга, основанные на гистологических исследованиях. Он выделил более 50 участков головного мозга, имеющих различное клеточное строение. Таким образом, в конце XIX в. система научных взглядов на работу мозга сводилась к представлению о нем как о собрании «центров», в которых локализуются различные способности, имеющие самостоятельный характер.

Физиологическое направление в изучении локализации высших психических функций начало зарождаться с середины XIX в. и наибольшее развитие получило в России. Первым критиком теории строгого анатомического локализационизма выступил **И. М. Сеченов** (1829—1905). Свои взгляды он изложил в книге «Рефлексы головного мозга».

**П. Ф. Лесгафт** (1837—1909) впервые обосновал возможность направленного воздействия физического воспитания на организм человека для изменения определенных характеристик в его строении. Благодаря трудам П. Ф. Лесгафта, основанным на идее единства организма и среды, формы и функции, заложен фундамент функционального направления в анатомии. П. Ф. Лесгафт был не только выдающимся

врачом и анатомом, но и педагогом и психологом. В 1884 г. вышло первое издание его книги «Школьные типы», которое было итогом 20-летнего изучения личности детей и подростков. Им были выделены шесть основных типов школьников и описаны их характерные признаки. В предложенных «школьных типах» П. Ф. Лесгафт рассматривал личностные характерологические особенности как продукт совокупности внешних социально-психологических факторов среды и индивидуальной предрасположенности. В ряде работ автором были предприняты попытки прогнозирования поведения детей в различные возрастные периоды. С этой книги в России началось развитие такого направления в психологии, как педагогическая психология.

**В. М. Бехтерев** (1857—1927) — выдающийся отечественный невропатолог и психиатр, внесший значительный вклад в изучение функциональной анатомии головного и спинного мозга. Он существенно расширил учение о локализации функций в коре мозга, углубил рефлекторную теорию. В ходе подготовки научного труда «Проводящие пути головного и спинного мозга» (1894) им был открыт ряд центров головного мозга, в дальнейшем получивших его имя.

Существенный вклад в изучение вопросов нервной деятельности был внесен **И. П. Павловым** (1849—1936). Он разработал учения о динамической локализации функций, о мозговой изменчивости в пространственной ориентации возбуждательных и тормозных процессов. В его работах были сформулированы и обоснованы представления о первой и второй сигнальных системах, разработано понятие о трехуровневой организации анализаторов.

В первой половине XX в. английский физиолог **Ч. Шеррингтон** (1857—1952) обосновал учение о нейронных контактах — синапсах. Им были проведены опыты по установлению связей между раздражаемыми слабым электротоком зонами моторной коры и реакциями строго определенных мышц противоположной стороны тела. Позднее развитие подобных методических принципов было использовано канадским нейрохирургом **В. Пенфилдом** (1891—1976), обосновавшим теорию локализации (проекции) на сенсорные и моторные участки коры полушарий различных участков тела человека.

Первые нейропсихологические исследования в нашей стране начали проводиться **Л. С. Выготским** (1896—1934). Он проанализировал изменения, возникающие в высших психических функциях при локальных поражениях мозга,

описал принципы динамической локализации функций, отличающие работу мозга человека от работы мозга животных.

В стройную систему теоретических воззрений этот раздел нейроморфологии и физиологии превратили **А. Р. Лурия** (1902–1977) и его ученики. Ими накоплен и систематизирован огромный фактический материал о роли лобных долей и других мозговых структур в организации психических процессов, обобщены многочисленные предшествующие исследования и продолжено изучение нарушений отдельных психических функций — памяти, речи, интеллектуальных процессов, произвольных движений и действий при локальных поражениях мозга, проанализированы особенности их восстановления.

Существенное влияние на понимание отношений между психическими функциями и мозгом оказали работы **Н. А. Бернштейна** (1896–1966) и **П. К. Анохина** (1898–1974), обосновавших теорию функциональных систем.

**Б. Г. Ананьевым** (1907–1972) и его учениками был выполнен цикл работ, посвященных изучению роли билатерального мозгового регулирования психической деятельности. Эти работы привели к формулированию ряда важных положений о роли сочетанной работы больших полушарий головного мозга в пространственной ориентации, а затем и в общих процессах управления жизнедеятельностью и поведением живого организма. Им также создана концепция теории ощущений и генеза функциональной структуры аналитаторной системы человека.

Академиком **Н. П. Бехтеревой** (1924–2008) на протяжении многих лет проводились работы по изучению роли подкорковых образований в реализации различных психических процессов.

Выдающиеся ленинградские ученые **Н. Н. Трауготт**, **Л. И. Вассерман** и **Я. А. Меерсон** в середине XX в. обосновали теорию о мозге как системе, воспринимающей, хранящей и перерабатывающей информацию. Ими были введены новые, впоследствии ставшие классическими, понятия «оперативная память», «фильтрация сообщений», «помехоустойчивость», «статистическое кодирование информации», «принятие решений» и т.д.

В конце XX — начале XXI в. были продолжены исследования о соотношении различных структур головного мозга и выполняемых ими функций. Благодаря этому были пере-

смотрены классические представления о локализации психических функций в коре головного мозга.

Многоплановыми исследованиями было доказано, что в отличие от элементарных функциональных процессов, обусловленных соматическими или вегетативными рефlekсами и четко контролирующихся определенной группой нервных клеток, высшие психические функции не могут находиться в строго определенных зонах коры. Они образуют сложные системы совместно работающих зон, каждая из которых вносит свой вклад в осуществление сложных психических процессов. При этом они могут располагаться в различных участках головного мозга, обеспечивая определенную иерархическую систему. Такой подход изменяет и практическую работу психолога.

Понимание того, что психическая деятельность представляет собой сложную функциональную систему, основу которой составляет особая связь между нервными структурами, позволяет подойти по-новому к решению вопросов о локализации нарушений психических функций в разных структурах нервной системы, в частности головного мозга. Это открывает широкие горизонты для понимания полиморфной локализации нарушений и их соответствующей коррекции.



**Часть I**  
**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ**  
**АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ**  
**НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**



# Глава 1

## СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

---

Изучив материал главы, студент должен:

**знать**

- основные понятия, классификацию отделов нервной системы по топографо-анатомическому и функциональному принципам;
- особенности строения нервных клеток;
- классификацию нервных клеток;
- строение синапсов и их классификацию;

**уметь**

- схематически изображать различные формы нервных клеток;
- определять их по форме, давая им функциональную характеристику;

**владеть**

- понятийным аппаратом, используемым в нейроморфологии.
- 

**Нервная система** — это совокупность анатомически и функционально взаимосвязанных структур, обеспечивающих регуляцию и координацию деятельности организма как единого целого и взаимодействие его с окружающей внешней средой. Она играет роль аппарата, воспринимающего раздражения, анализирующего поступающую информацию и обеспечивающего ответную реакцию организма.

Нервная система появилась в ходе эволюции как интегративная система, осуществляющая согласованность функций всех органов и адаптацию организма к условиям существования. При этом от момента возникновения раздражения до его ощущения проходят сотые доли секунды. После устранения действия раздражителя ответная реакция мгновенно прекращается.

### 1.1. Классификация нервной системы

По топографо-анатомическому принципу нервную систему подразделяют на *центральную* и *периферическую*. В состав



центральной нервной системы входит головной и спинной мозг, в состав периферической — все нервные структуры, расположенные за пределами головного и спинного мозга.

Центральная нервная система состоит из миллиардов высокоспециализированных клеток — нейроцитов и клеток глии. Глиальные клетки обеспечивают деятельность нейронов (поддерживают, защищают и выполняют трофическую роль). Задача центральной нервной системы заключается в том, чтобы после получения информации произвести в течение долей секунды ее оценку и принять соответствующее решение. В осуществлении последнего неопределима способность головного мозга к хранению и воспроизведению в нужный момент ранее поступившей информации. Величайшим достижением эволюции нервной системы является мыслительная способность. Она осуществляется в результате анализа и синтеза нервных импульсов в высших центрах головного мозга и составляет высшую нервную деятельность человеческого организма.

Структуры, связанные со спинным мозгом, составляют спинномозговой отдел периферической нервной системы. К нему относят чувствительные узлы спинномозговых нервов, корешки спинномозговых нервов, стволы и ветви спинномозговых нервов, сплетения, симпатические нервные узлы, регионарные и органные нервы и нервные окончания. Спинномозговой отдел обеспечивает иннервацию туловища, конечностей, частично — шеи и внутренних органов.

Структуры, связанные с головным мозгом, составляют краниальный отдел периферической нервной системы. К нему относят чувствительные узлы черепных нервов, черепные нервы, ветви черепных нервов, парасимпатические нервные узлы и нервные окончания. Краниальный отдел обеспечивает иннервацию головы, частично — шеи и внутренних органов.

Периферическая нервная система связывает спинной и головной мозг с рецепторами (чувствительными нервными окончаниями) и с эффекторами (аппаратами, передающими нервные импульсы на рабочие органы). Рабочие органы отвечают на внешние и внутренние раздражения приспособительными реакциями организма, такими как сокращение мышц или выделение секретов железами.

Следует отметить, что подразделение нервной системы на центральную и периферическую является условным, так как в анатомическом и функциональном отношениях эти отделы тесно взаимосвязаны.

**По функции** нервную систему делят на *соматическую* (анимальную) и *вегетативную* (автономную). Соматическая

нервная система отвечает за иннервацию тела (сомы) — кожи, мышц и скелета. Вегетативная нервная система обеспечивает иннервацию внутренних органов, желез и сосудов. В свою очередь она включает *симпатический* и *парасимпатический* отделы.

Соматическая нервная система иннервирует кожу, мышцы, скелет, некоторые внутренние органы (язык, глотку, гортань и др.), осуществляет связь организма как целостной системы с внешней средой. Она воспринимает раздражения из внешней среды, анализирует их и обеспечивает ответную реакцию — управляет скелетной (поперечнополосатой) мускулатурой.

Вегетативная нервная система иннервирует внутренние органы и кровеносные сосуды, управляет гладкой мускулатурой и работой желез. Она объединяет отдельные части организма в единую целостную систему и осуществляет адаптационно-трофическую функцию в организме.

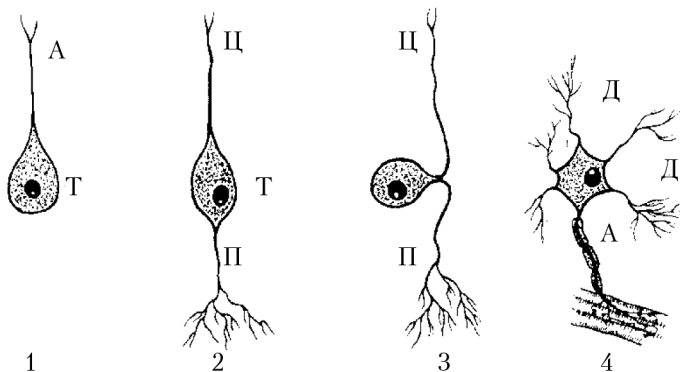
Прежде чем приступить к изучению морфологии спинного и головного мозга, целесообразно рассмотреть общие принципы строения нервной системы.

## 1.2. Нейроны

Структурной единицей нервной системы является нервная клетка — нейрон, или нейроцит (рис. 1.1). В нейроне выделяют следующие основные части: тело, отростки и их окончания.

Тело нейрона представляет собой скопление цитоплазмы, в которой располагается крупное круглое ядро. В нервных клетках вегетативной нервной системы может встречаться по 2—3 ядра. Ядро является носителем генетической информации, определяющей свойства нейрона, и осуществляет регуляцию синтеза белков. В цитоплазме нейрона находятся органеллы общего назначения (митохондрии, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы, комплекс Гольджи и т.д.) и специализированные структуры (нейрофибриллы, хроматофильное вещество и синаптические пузырьки).

Нейрофибриллы бывают двух видов — нейрофиламенты и нейротрубочки. Нейрофиламенты в теле нейрона представляют собой сеть тонких белковых нитей диаметром 6—10 нанометров. Они выполняют опорную функцию, придают клетке определенную форму. Нейротрубочки также образованы белковыми нитями, которые имеют спиральную ориентацию. Они осуществляют транспорт веществ в пределах нейрона.



**Рис. 1.1. Основные типы нервных клеток:**

- 1 — униполярный нейрон; 2 — биполярный нейрон;  
 3 — псевдоуниполярный нейрон; 4 — мультиполярный нейрон;  
 А — аксон; Д — дендрит; П — периферический отросток;  
 Т — тело; Ц — центральный отросток

Хроматофильное вещество (тигроидное вещество, или вещество Ниссля) представляет собой скопление рибонуклеопротеидов. Это вещество находится в цитоплазме тела клетки и дендритов, в аксонах оно не обнаруживается.

Синаптические пузырьки находятся преимущественно в цитоплазме концевой аппаратуры аксона, но могут располагаться и в теле нейрона. Они содержат медиаторы (ацетилхолин, норадреналин, гамма-аминомасляную кислоту и т.д.), которые обеспечивают химическую передачу нервного импульса с одного нейрона на другой или с нейрона на рабочий орган. Медиаторы синтезируются в теле нейрона и в составе синаптических пузырьков транспортируются по аксону к его нервному окончанию.

Поверхность нейрона представлена оболочкой (цитолеммой), которая определяет границы клетки и обеспечивает ее обмен с окружающей средой. Кроме того, цитолемма содержит большое количество белковых структур, выполняющих хеморецепторную функцию. Оболочка нервных клеток отличается способностью проводить нервное возбуждение (нервный импульс).

Различают два вида отростков нервных клеток — дендриты и аксон (нейрит), которые являются выростами цитоплазмы. Дендриты проводят нервный импульс только

по направлению к телу нервной клетки. Они начинают древовидно ветвиться уже вблизи тела клетки, постепенно истончаются и заканчиваются в окружающих тканях. Дендриты многократно увеличивают воспринимающую поверхность нервной клетки. Количество дендритов вариабельно: от одного до десяти. Редко встречаются нервные клетки, не имеющие дендритов. У таких клеток восприятие раздражений осуществляется телом клетки.

Помимо дендритов, нервная клетка всегда имеет только один аксон (нейрит). Этот отросток всегда более крупный, чаще длинный и менее ветвистый. Редкие боковые ветви у него появляются лишь в самом конце. Имеется зависимость между величиной тела нервной клетки и длиной аксона. Чем больше величина тела клетки, тем длиннее и крупнее аксон. Аксон проводит нервный импульс только от тела нервной клетки. Следовательно, нервная клетка со своими отростками строго поляризована: нервный импульс проходит по дендритам к телу и от тела — по аксону.

Нервные клетки могут отличаться друг от друга по форме и размерам тела, по числу отростков, по функциональной значимости.

**По форме тела** различают пирамидные, грушевидные, веретенообразные, многоугольные, овальные, звездчатые, круглые и другие клетки.

**По размерам тела** выделяют три группы нейронов — мелкие (от 4 до 20 мкм), средние (от 20 до 60 мкм), крупные (от 60 до 130 мкм).

**По количеству отростков** различают следующие виды нейронов: одноотростчатые (униполярные), двухотростчатые (биполярные), ложноодноотростчатые (псевдоуниполярные) и многоотростчатые (мультиполярные). В составе нервной системы человека наиболее часто встречаются биполярные, псевдоуниполярные и мультиполярные нервные клетки.

**По функциональной значимости** в составе рефлекторной дуги выделяют три группы нейронов:

- 1) рецепторные (чувствительные), имеющие чувствительные нервные окончания (рецепторы), которые способны воспринимать раздражения из внешней или внутренней среды;
- 2) эффекторные (эфферентные), имеющие на окончаниях аксона эффекторы, которые передают нервный импульс на рабочий орган;

3) ассоциативные (вставочные), являющиеся промежуточными в составе рефлекторной дуги и передающие информацию с чувствительного нейрона на эффекторные. В сложных рефлекторных дугах ассоциативных нейронов может быть несколько.

Существует связь структуры и функции нервных клеток. Так, псевдоуниполярные нейроны являются рецепторными (общечувствительными). Они воспринимают такие раздражения, как боль, изменения температуры и прикосновение. Биполярные нервные клетки являются клетками специальной чувствительности. Они воспринимают световые, обонятельные, слуховые и вестибулярные раздражения. Мелкие мультиполярные нейроны — ассоциативные, средние и крупные мультиполярные, а также пирамидные нейроны — двигательные.

Следует обратить внимание, что у рецепторных нейронов (биполярных и псевдоуниполярных) отростки называют не дендритом и аксоном, а соответственно периферическим и центральным. Эти названия связаны с их положением по отношению к центральной нервной системе и к телу нервной клетки. Периферический отросток направляется от тела клетки на периферию, а центральный — к спинному или головному мозгу.

### 1.3. Нервные волокна

**Нервные волокна** — это отростки нервных клеток, покрытые снаружи глиальной оболочкой и осуществляющие проведение нервных импульсов. Отросток нервной клетки (аксон или дендрит), расположенный в центре нервного волокна, называют осевым цилиндром. Осевой цилиндр представляет собой вырост нейроплазмы тела нервной клетки с содержащимися в ней органеллами, покрытый оболочкой — аксолеммой.

В зависимости от наличия или отсутствия в составе глиальной оболочки миелина различают два вида нервных волокон — миелиновые и безмиелиновые. В миелиновых волокнах глиальная оболочка толще и составляет на поперечном разрезе  $1/2$ – $2/3$  диаметра всего нервного волокна. Содержащийся в миелиновых волокнах миелин придает им белый цвет.

Миелиновые волокна по диаметру делят на три группы — толстые (12–20 мкм), средние (6–12 мкм) и тонкие (1–6 мкм). Через каждые 1–3 мм нервное волокно резко

истончается, образуются узловые перехваты (перехваты Ранвье) шириной 1 мм. В области перехватов миелиновый слой отсутствует — это место соединения соседних глиальных (шванновских) клеток. В зависимости от диаметра волокна различается скорость проведения нервного импульса. В толстых миелиновых волокнах она составляет примерно 80–120 м/с, в средних — 30–80 м/с, в тонких — 10–30 м/с. При этом скорость прохождения импульсов в определенной группе волокон не зависит от силы раздражения.

Установлено, что толстые миелиновые волокна являются преимущественно двигательными, средние по диаметру волокна проводят импульсы тактильной и температурной чувствительности, а тонкие — болевой. Таким образом, по составу волокон можно дать функциональную характеристику нерва (двигательный, чувствительный, смешанный).

Миелиновая оболочка предотвращает распространение идущих по волокну нервных импульсов на соседние ткани, т.е. она выполняет роль диэлектрика (изолятора). Миелинизация нервных волокон начинается на 4–5-м месяце внутриутробного развития и имеет неодинаковую продолжительность в различных отделах нервной системы. Завершение процесса миелинизации нервных волокон свидетельствует о зрелости нервных структур. Так, нервные волокна полушарий большого мозга, ответственные за эмоционально-психические функции, миелинизируются только к 12–13 годам.

Безмиелиновые волокна имеют небольшой диаметр — 1–4 мкм и проводят нервные импульсы со скоростью 1–2 м/с. Причем, в отличие от миелиновых волокон, импульсы в них проводятся не скачкообразно, а непрерывно. Безмиелиновые нервные волокна являются эфферентными волокнами вегетативной нервной системы. Они обеспечивают иннервацию внутренних органов, желез и сосудов.

В зависимости от направления проведения нервного импульса по отношению к центральной нервной системе различают две группы волокон — центростремительные и центробежные. Центростремительные волокна направляются к спинному или головному мозгу и функционально являются афферентными (восходящими). Центробежные волокна идут от головного или спинного мозга к рабочим органам (мышца, сосуд, железа) и называются эффекторными.

Нервные волокна, расположенные в пределах центральной нервной системы, составляют белое вещество спинного и головного мозга.

## 1.4. Нервные окончания

Нервные окончания — это концевые отделы нервных волокон. В зависимости от выполняемой функции различают три вида окончаний: рецепторы, эффекторы и межнейронные контакты — синапсы.

**Рецепторы** — это нервные окончания периферических отростков чувствительных (рецепторных) нейронов, обеспечивающие восприятие специфических раздражений из внешней или внутренней среды и трансформацию энергии раздражения в нервный импульс.

По локализации рецепторы делят на три группы: экстероцепторы, проприоцепторы и интероцепторы (рис. 1.2).

1. Экстероцепторы располагаются в коже и слизистых оболочках полости рта, носа и органа зрения (в конъюнктиве). Они воспринимают тактильные, температурные и болевые раздражения из внешней среды.

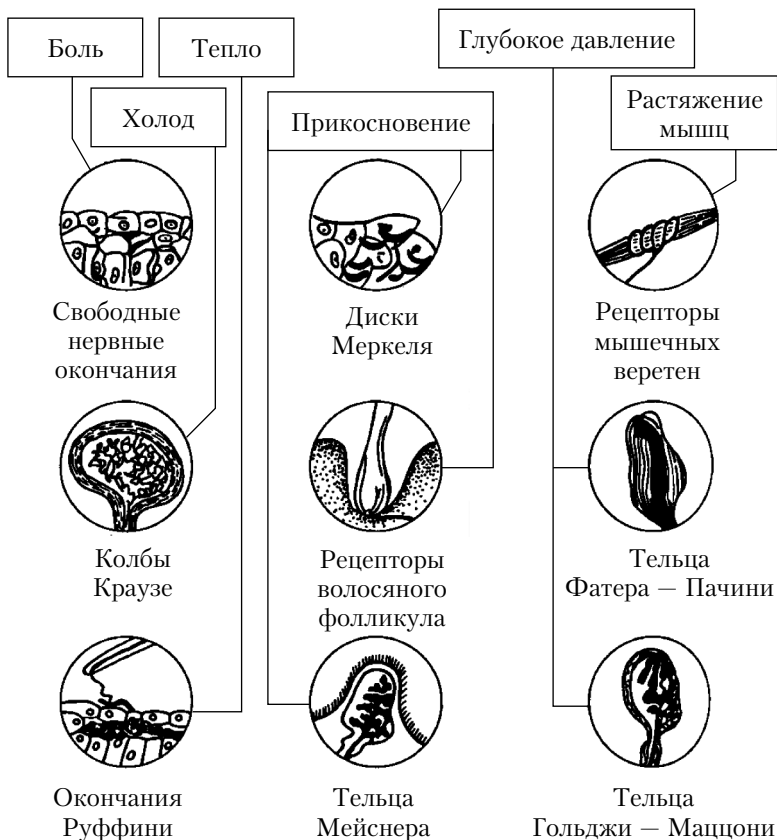
2. Интероцепторы находятся во внутренних органах. Адекватными раздражителями для них являются преимущественно химические вещества и механические воздействия. Интероцепторы воспринимают химический состав определенных веществ, степень наполнения органов или болевые ощущения.

3. Проприоцепторы, или глубокие рецепторы, локализируются в мышцах, сухожилиях, фасциях, надкостнице, связках и суставных капсулах. Они воспринимают такие раздражения, как чувство веса, давления, вибрации, положение частей тела, степень напряжения мышц.

Экстеро-, интеро- и проприоцепторы являются преимущественно рецепторами общей чувствительности.

Рецепторы специализированных органов чувств (орган зрения, слуха, равновесия, обоняния и вкуса) составляют группу рецепторов специальных видов чувствительности. Они воспринимают зрительные (свет и цвет), слуховые (звук и шум), вестибулярные (угловые и вертикальные ускорения), обонятельные (запахи) и вкусовые раздражения.

Рецепторы, воспринимающие раздражения путем непосредственного контакта с раздражителем, называются контактными (например, болевые, температурные, вкусовые). Рецепторы, воспринимающие раздражения на значительном удалении от организма, являются дистантными (например, зрительные, слуховые).



*Рис. 1.2. Основные типы рецепторов соматической нервной системы*

По строению рецепторы делят на три группы – свободные нервные окончания, инкапсулированные нервные окончания и нервные окончания, представленные первично чувствующими клетками. Свободные нервные окончания воспринимают боль; инкапсулированные – тактильные, температурные и проприоцептивные раздражения; первично чувствующие клетки – зрительные, слуховые, вестибулярные и вкусовые раздражения.

**Синапс** – это специализированное морфофункциональное образование, предназначенное для передачи нервного



импульса контактным способом с одного нейрона на другой или с нейрона на рабочий орган.

По локализации синапсы могут быть межнейронными и нейротканевыми. В первой группе в зависимости от контактирующих частей нейрона выделяют аксо-соматические (аксон — тело), аксо-дендритические (аксон — дендрит), аксо-аксональные (аксон — аксон) синапсы. На одном нейроне может находиться до 10 тыс. синаптических образований. Аксо-соматические и аксо-дендритические синапсы обеспечивают распространение импульса с одной нервной клетки на другую. Аксо-аксональные синапсы обеспечивают торможение импульсов.

Нейротканевые синапсы по расположению делят на нервно-мышечные и нервно-секреторные.

По механизму передачи нервного импульса различают три группы синаптических структур:

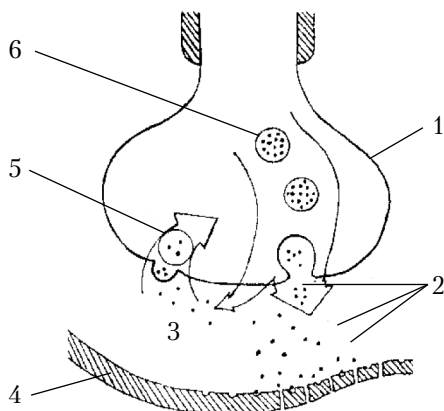
1) синапсы с химической (медиаторной или трансмиттерной) передачей импульса;

2) синапсы с электрической передачей нервного импульса (эффасы);

3) синапсы со смешанной передачей нервного импульса.

Морфологически синапс представляет собой утолщение в виде пуговок, бляшек, колбочек или нитей. На ультраструктурном уровне в нем выделяют пресинаптическую часть, синаптическую щель и постсинаптическую часть (рис. 1.3). Пресинаптическая часть для синапсов с химической передачей обычно образована терминальным аппаратом аксона и содержит скопление синаптических пузырьков и митохондрий. Синаптические пузырьки наполнены медиатором. В качестве медиатора чаще выступают такие вещества, как ацетилхолин, норадреналин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), гистамин, дофамин, серотонин и т.д. По величине синаптических пузырьков можно судить о виде медиатора: ацетилхолин находится в мелких пузырьках диаметром 30—50 нм; норадреналин — в пузырьках средней величины — 50—90 нм; ГАМК — в крупных пузырьках — 100—120 нм. В момент поступления нервного импульса в пресинаптическую часть медиатор освобождается из связанного состояния и выбрасывается в виде пузырьков в синаптическую щель. В одном пузырьке содержится до 10 тыс. молекул медиатора.

Синаптическая щель имеет ширину 10—20 нм и заполнена гелем (межклеточным веществом). Более широкая синаптическая щель характерна для синапсов с химической передачей и узкая (до 10 нм) — для эффасов.



**Рис. 1.3. Строение синапса:**

- 1 — пресинаптическая мембрана; 2 — молекулы медиатора;  
 3 — синаптическая щель; 4 — постсинаптическая мембрана;  
 5 — обратный транспорт медиатора; 6 — синаптические  
 пузырьки с медиатором

Пройдя синаптическую щель, медиатор связывается с хеморецептором (белковая структура) на постсинаптической мембране. В зависимости от химической природы медиатора различают следующие основные виды хеморецепторов:  $\alpha$ -,  $\beta$ -адренорецепторы; М-, Н-холинорецепторы; пуринорецепторы, ГАМК-рецепторы и т.д. Альфа-, бета-адренорецепторы реагируют с такими медиаторами, как адреналин, норадреналин, дофамин, т.е. с катехоламинами; М-, Н-холинорецепторы — с ацетилхолином; пуринорецепторы — с пуриновыми основаниями и ГАМК-рецепторы — с гамма-аминомасляной кислотой.

Прореагировав с хеморецептором, медиатор разрушается (инактивируется) имеющимися в хеморецепторе веществами (ацетилхолин — ацетилхолинэстеразой, норадреналин — моноаминоксидазой и т.д.). Инактивированные молекулы медиатора обратно всасываются через пресинаптическую мембрану, где подвергаются восстановлению.

Таким образом, при химической передаче нервных импульсов последовательно проходит четыре этапа: синтез медиатора, проникновение медиатора через пресинаптическую