

gaudeamus

**Н.П. Попова**  
**О.О. Якименко**

Учебное пособие  
для вузов

# АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ



Московский Открытый Социальный Университет



Учебное пособие  
для вузов

**И.П. Попова**  
**О.О. Якименко**

# АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

*Рекомендовано Министерством образования РФ  
в качестве учебного пособия  
для студентов высших  
учебных заведений, обучающихся  
по психологическим специальностям*

---

Москва  
Академический Проект  
2006

УДК 611  
ББК 28.706  
П58

Учебник издается в рамках совместного проекта с  
**МОСКОВСКИМ ОТКРЫТЫМ СОЦИАЛЬНЫМ  
УНИВЕРСИТЕТОМ**

**Попова Н.П., Якименко О.О.**

**П58** **Анатомия центральной нервной системы:**  
Учебное пособие для студентов высших учебных  
заведений. — 3-е изд. — М.: Академический Про-  
ект, 2006. — 112 с. — («*Gaudeamus*»).

В данном учебном пособии раскрываются темы, составляющие в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования содержание курса по анатомии центральной нервной системы. Пособие включает анатомические данные о макроструктурах нервной системы, а также гистологические и цитологические характеристики микроструктур нервной ткани.

Способ изложения материала нацелен на использование знаний анатомии мозга в анализе участия различных его структур в когнитивных процессах, изменениях функционального состояния организма, мотивационно-эмоциональной сферы и сознания.

Большое количество иллюстраций облегчает восприятие материала, а для самоконтроля приведены вопросы.

Учебное пособие предназначено для студентов психологических факультетов высших учебных заведений.

УДК 611  
ББК 28.706

ISBN 5-8291-0648-5

© Попова Н.П., Якименко О.О., 2005  
© Академический Проект, оригинал-макет, оформление, 2006

# ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

---

## Общий план строения нервной системы

---

Нервная система среди других функциональных систем организма занимает особое положение. Она обеспечивает взаимосвязь организма с окружающим миром. Рецепторы реагируют на любые сигналы внешней и внутренней среды, преобразуя их в потоки нервных импульсов, которые поступают в центральную нервную систему. На основе анализа потоков нервных импульсов, кодирующих информацию о свойствах раздражителей, мозг формирует адекватный ответ.

Вместе с эндокринными железами нервная система регулирует работу всех органов. Эта регуляция осуществляется благодаря тому, что спинной и головной мозг связаны нервами со всеми органами двусторонними связями. От органов в центральную нервную систему поступают сигналы об их функциональном состоянии, а нервная система, в свою очередь, посылает сигналы к органам, корректируя их функции и обеспечивая все процессы жизнедеятельности — движение, питание, выделение и другие. Нервная система обеспечивает координацию деятельности клеток, тканей, органов, систем органов. При этом организм функционирует как единое целое.

Нервная система является материальной основой психических процессов: внимания, памяти, речи, мышления и др., с помощью которых человек не только познает окружающую среду, но и может активно ее изменять.

## Центральная и периферическая нервная система



Нервная система по топографическому признаку подразделяется на центральную нервную систему, куда входит головной мозг и спинной мозг, и периферическую, которая состоит из нервов и ганглиев.

Согласно классификации по функциональному признаку нервная система подразделяется на соматическую (отделы нервной системы, регулирующие работу скелетных мышц) и автономную (вегетативную), которая регулирует работу внутренних органов. В автономной нервной системе выделяют два отдела: симпатический и парасимпатический.

Как соматическая, так и автономная нервная системы включают в себя центральный и периферический отделы.

## Нервная ткань

Основной тканью, из которой образована нервная система, является нервная ткань<sup>1</sup>. Она отличается от других видов ткани тем, что в ней отсутствует межклеточное вещество.

Нервная ткань состоит из двух видов клеток: нейронов и глиальных клеток. Нейроны играют главную роль,

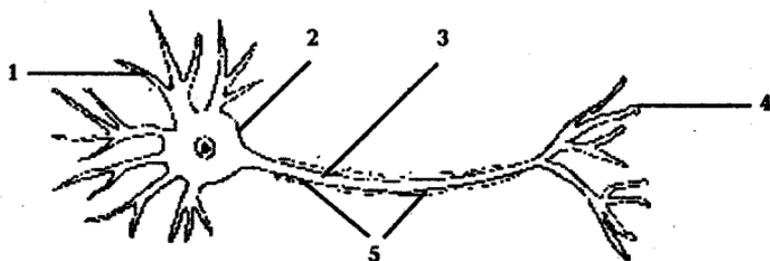
<sup>1</sup> Ткань — это совокупность клеток и межклеточного вещества, сходных по строению и выполняемым функциям.

обеспечивая все функции центральной нервной системы. Глиальные клетки имеют вспомогательное значение, выполняя опорную, защитную, трофическую функции и др. В среднем количество глиальных клеток превышает количество нейронов в отношении 10:1 соответственно.

Оболочки мозга образованы соединительной тканью, а полости мозга — особым видом эпителиальной ткани (эпендимная выстилка).

## ■ **Нейрон — структурно-функциональная единица нервной системы**

Каждый нейрон имеет расширенную центральную часть: тело — сому и отростки — дендриты и аксоны. По дендритам импульсы поступают к телу нервной клетки, а по аксонам от тела нервной клетки к другим нейронам или органам. Отростки могут быть длинными и короткими. Длинные отростки нейронов называются нервными волокнами. Большинство дендритов (дендрон — дерево) короткие, сильно ветвящиеся отростки. Аксон (аксис — отросток) чаще длинный, мало ветвящийся отросток. Каждый нейрон имеет только один аксон, длина которого может достигать несколько десятков сантиметров. Иногда от аксона отходят боковые отростки — коллатерали. Окончания аксона, как правило, ветвятся, и их называют терминалями. Место, где от сомы клеток отходит аксон, называется аксональным холмиком (рис. 1, А).



**Рис. 1А. Внешнее строение нейрона:**

- 1 — дендриты;
- 2 — сома;
- 3 — аксон;
- 4 — терминали;
- 5 — миелиновая оболочка.

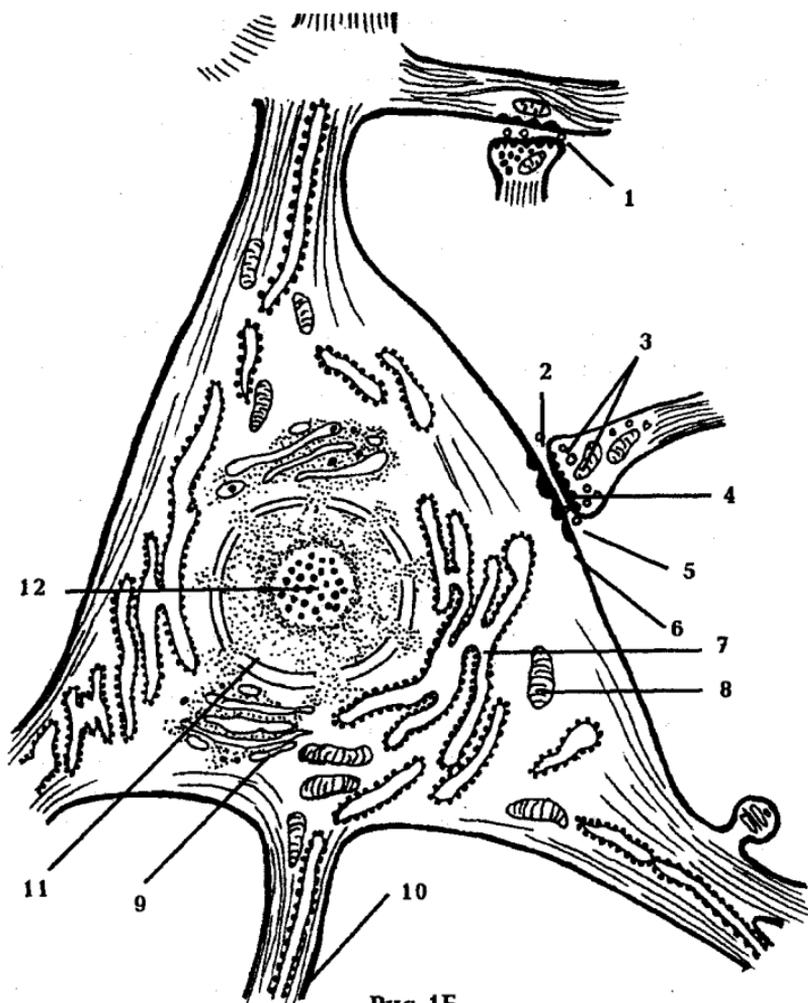


Рис. 1Б.

Внутреннее строение нейрона:

- 1 — аксодендрический синапс;
- 2 — аксосоматический синапс;
- 3 — пресинаптические пузырьки;
- 4 — пресинаптическая мембрана;
- 5 — синаптическая щель;
- 6 — постсинаптическая мембрана;
- 7 — эндоплазматическая сеть;
- 8 — митохондрия;
- 9 — внутриклеточный сетчатый аппарат (Гольджи);
- 10 — нейрофибриллы;
- 11 — ядро;
- 12 — ядрышко.

По отношению к отросткам сома нейрона выполняет трофическую функцию, регулируя обмен веществ.

Нейрон обладает признаками, общими для всех клеток: имеет оболочку, ядро и цитоплазму, в которой находятся органеллы (эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, митохондрии, лизосомы, рибосомы и др.). Кроме того, в нейроплазме содержатся органеллы специального назначения: микротрубочки и микрофиламенты, которые различаются размером и строением. Микрофиламенты представляют внутренний скелет нейроплазмы и расположены в соме. Микротрубочки тянутся вдоль аксона по внутренним полостям от сомы до окончания аксона. По ним распространяются биологически активные вещества (рис. 1 Б).

Кроме того, отличительной особенностью нейронов является наличие митохондрий в аксоне как добавочного источника энергии. Взрослые нейроны не способны к делению.

Существует несколько классификаций нейронов, основанных на разных признаках: по форме сомы, количеству отростков, функциям и эффектам, которые нейрон оказывает на другие клетки.

В зависимости от формы сомы различают зернистые (ганглиозные) нейроны, у которых сома имеет округлую форму; пирамидные нейроны разных размеров — большие и малые пирамиды; звездчатые нейроны; веретенообразные нейроны (рис. 2 А).

По количеству отростков выделяют униполярные нейроны, имеющие один отросток, отходящий от сомы клеток; псевдоуниполярные нейроны (такие нейроны имеют Т-образный ветвящийся отросток); биполярные нейроны, имеющие один дендрит и один аксон, и мультиполярные нейроны, которые имеют множество дендритов и один аксон (рис. 2 Б).

По выполняемым функциям нейроны бывают: афферентные, эфферентные и вставочные (контактные) (рис. 3А — Б).

*Афферентные нейроны* — сенсорные (псевдоуниполярные), их сомы расположены вне центральной нервной системы в ганглиях (спинномозговых или черепно-мозговых).

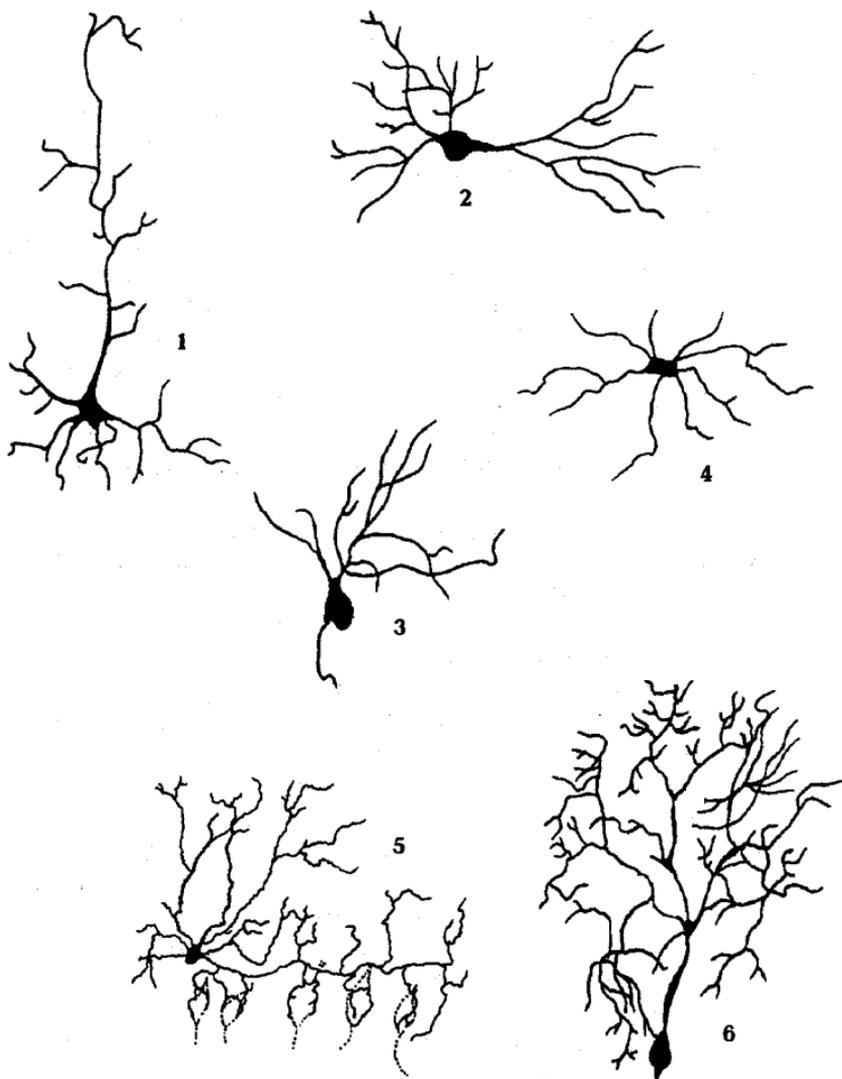


Рис. 2А.

Классификация нейронов по форме сомы:

- 1 — пирамидная;
- 2 — двойная пирамидная клетка гиппокампа;
- 3 — клетка-зерно;
- 4 — веретенообразная;
- 5 — корзинчатая;
- 6 — клетка Пуркинье.

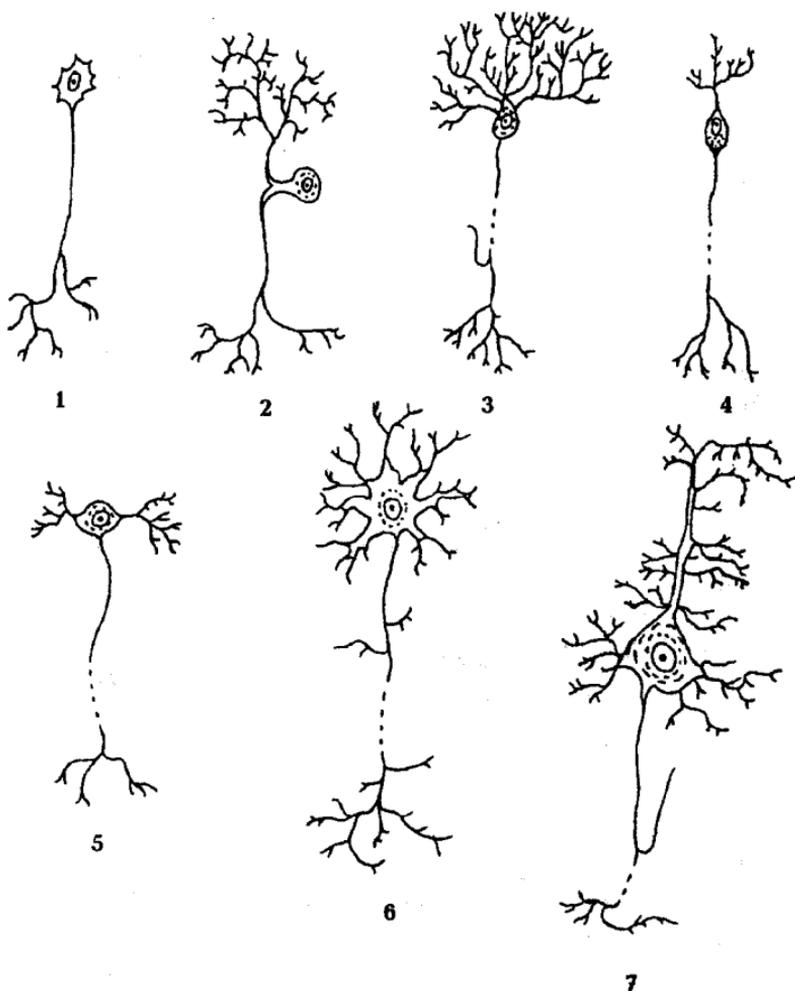


Рис. 2Б.

Классификация нейронов по количеству отростков:

- 1 — униполярный нейрон в среднемозговом ядре тройничного нерва;
- 2 — псевдоуниполярный нейрон спинального ганглия;
- 3 — грушевидная клетка коры мозжечка;
- 4 — биполярный нейрон вестибулярного ганглия;
- 5 — мультиполярный вегетативный нейрон с перпендикулярным расположением аксона и дендритов;
- 6 — звездчатая клетка;
- 7 — пирамидная клетка.

чувствительные

двигательные

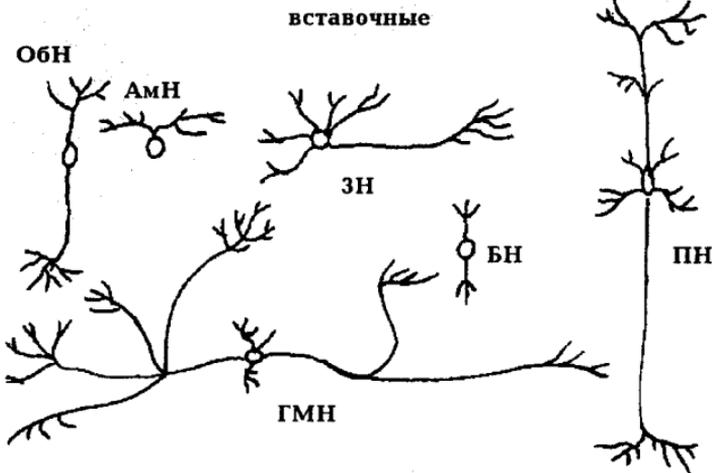
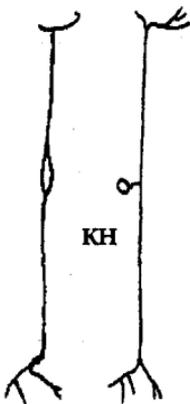


Рис. 3А.

Классификация нейронов по выполняемым функциям.

В качестве сенсорных нейронов изображены: нейрон, отросток которого идет в составе слуховых волокон преддверно-улиткового нерва (VIII пара), нейрон, реагирующий на стимуляцию кожи (КН). Вставочные нейроны представлены амакриновой (АМН) и биполярной (БН) клетками сетчатки, нейроном обонятельной луковицы (ОБН), нейроном голубоватого места (ГМН), пирамидной клеткой коры головного мозга (ПН) и звездчатым нейроном (ЗН) мозжечка. В качестве двигательного нейрона изображен мотонейрон спинного мозга.

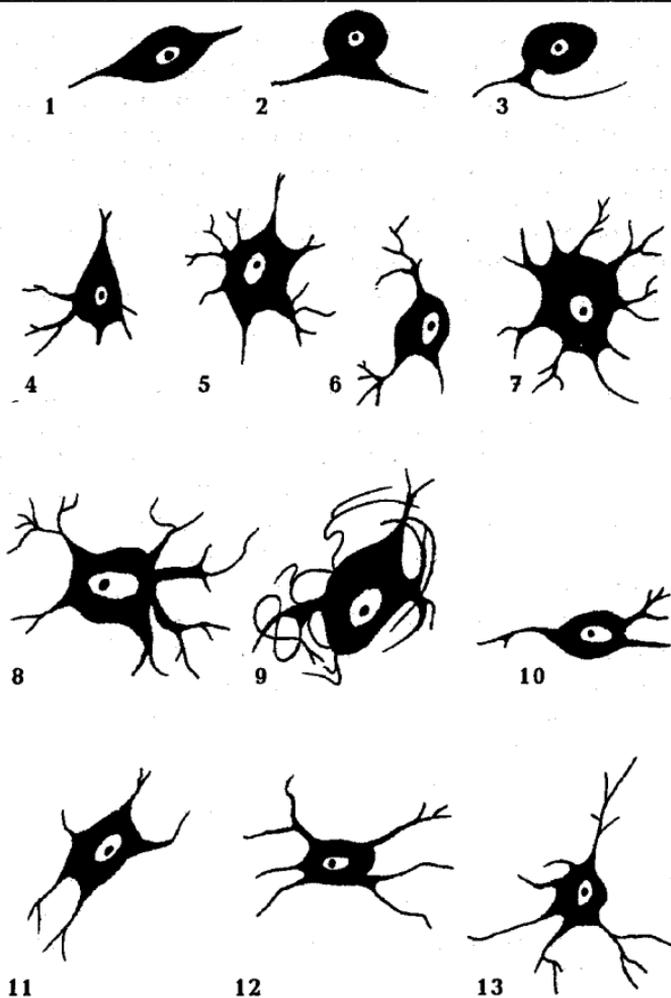


Рис. 3Б:

*Сенсорные нейроны:* 1 — биполярный; 2 — псевдобиполярный; 3 — псевдоуниполярный; 4 — пирамидная клетка; 5 — нейрон спинного мозга; 6 — нейрон п. ambiguus; 7 — нейрон ядра подъязычного нерва.

*Симпатические нейроны:* 8 — из звездчатого ганглия; 9 — из верхнего шейного ганглия; 10 — из интермедиолатерального столба бокового рога спинного мозга.

*Парасимпатические нейроны:* 11 — из узла мышечного сплетения кишечной стенки; 12 — из дорсального ядра блуждающего нерва; 13 — из ресничного узла.

Форма сомы — зернистая. Аfferентные нейроны имеют один дендрит, который подходит к рецепторам (кожи, мышц, сухожилий и т.д.). По дендритам информация о свойствах раздражителей передается на сому нейрона и по аксону в центральную нервную систему.

*Эfferентные нейроны* регулируют работу эффекторов (мышц, желез и т.д.). Это мультиполярные нейроны, их сомы имеют звездчатую или пирамидную форму, лежащие в спинном или головном мозге или в ганглиях автономной нервной системы. Короткие, обильно ветвящиеся дендриты воспринимают импульсы от других нейронов, а длинные аксоны выходят за пределы центральной нервной системы и в составе нерва идут к эффекторам (рабочим органам), например, к скелетной мышце. *Вставочные нейроны* (интернейроны, контактные) составляют основную массу мозга. Они осуществляют связь между аfferентными и эfferентными нейронами, перерабатывают информацию, поступающую от рецепторов в центральную нервную систему. В основном это мультиполярные нейроны звездчатой формы. Среди вставочных нейронов различают нейроны с длинными и короткими аксонами.

По эффекту, который нейроны оказывают на другие клетки, различают возбуждающие нейроны и тормозные нейроны. Возбуждающие нейроны оказывают активизирующий эффект, повышая возбудимость клеток, с которыми они связаны. Тормозные нейроны, напротив, снижают возбудимость клеток, вызывая угнетающий эффект.

## Глия

Пространство между нейронами заполнено клетками, которые называются нейроглией. В отличие от нейронов клетки нейроглии делятся в течение всей жизни человека. Выделяют два типа глиальных клеток: клетки макроглии и клетки микроглии (рис. 4).

К макроглие относят астроциты и олигодендроциты. Астроциты имеют звездчатую форму и много отростков, которые отходят от тела клетки в разных направлениях, некоторые из них оканчиваются на кровенос-

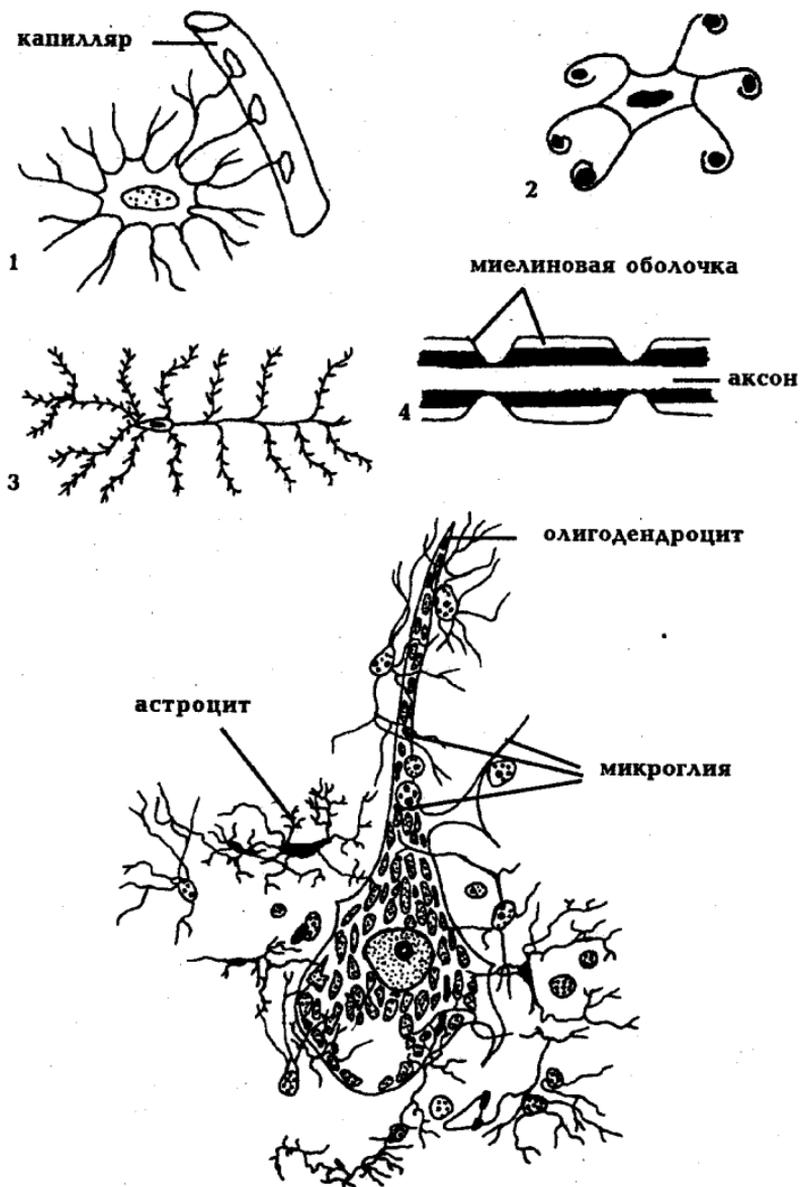


Рис. 4. Клетки макроглии и микроглии:

- 1 — астроцит;
- 2 — олигодендроцит;
- 3 — микроглиальная клетка;
- 4 — Шванновская клетка.

ных сосудах. Астроциты служат опорой для нейронов, обеспечивая их репарацию (восстановление) после повреждения, и участвуют в их метаболических процессах (обмене веществ).

Олигодендроциты образуют миелиновые оболочки вокруг длинных аксонов и длинных дендритов. Миелиновая оболочка выполняет роль изолятора и увеличивает скорость проведения нервных импульсов вдоль мембраны отростков. Миелиновая оболочка сегментарна, пространство между сегментами называется перехват Ранвье. Каждый сегмент миелиновой оболочки, как правило, образован одним олигодендроцитом (Шванновская клетка), которые, истончаясь, закручиваются вокруг аксона. Миелиновая оболочка имеет белый цвет (белое вещество), так как в состав мембран олигодендроцитов входит жироподобное вещество — миелин. Иногда одна глиальная клетка, образуя выросты, принимает участие в образовании сегментов нескольких отростков (рис. 5 А–Б).

Сома нейрона и дендриты покрыты тонкими оболочками, которые не образуют миелин и составляют серое вещество.

Микроглия представлена мелкими клетками, способными к амебовидному передвижению. Функция микроглии — защита нейронов от воспалений и инфекций (по механизму фагоцитоза — захватывание и переваривание генетически чужеродных веществ). Клетки микроглии доставляют нейронам кислород и глюкозу. Кроме того, они входят в состав гематоэнцефалического барьера, который образован ими и эндотелиальными клетками, образующими стенки кровеносных капилляров. Гематоэнцефалический барьер задерживает макромолекулы, ограничивая их доступ к нейронам.

## ■ Нервные волокна и нервы

Длинные отростки нервных клеток называют нервными волокнами. По ним нервные импульсы могут передаваться на большие расстояния до метра.

Классификация нервных волокон основана на морфологических и функциональных признаках.

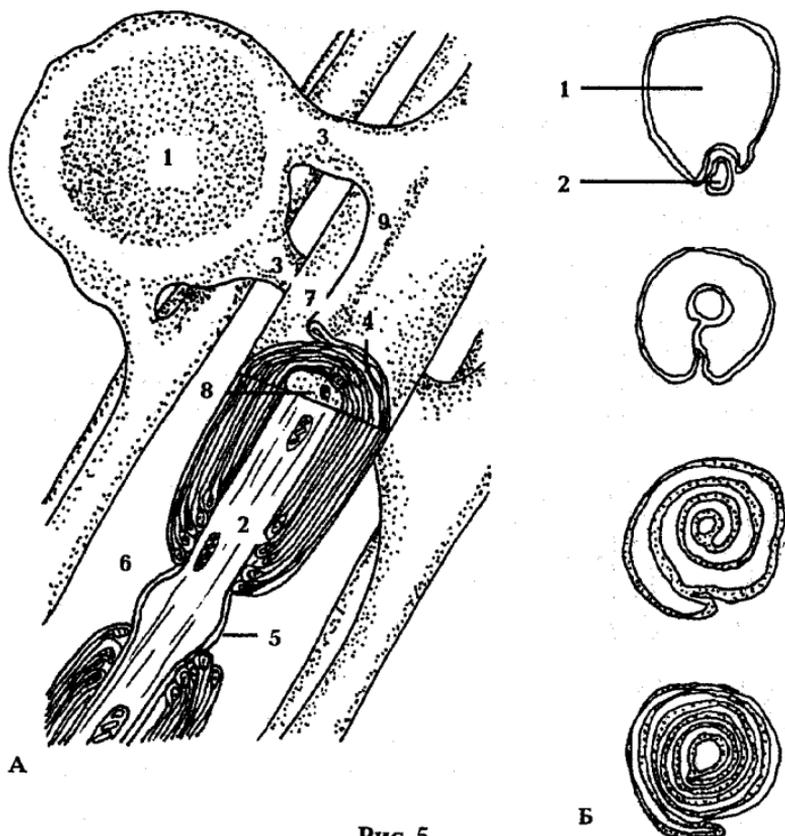


Рис. 5.

**А** — участие олигодендроцита в образовании миелиновой оболочки:

- 1 — олигодендроцит;
- 2 — аксон;
- 3 — связь между телом клетки глии и миелиновой оболочкой;
- 4 — цитоплазма;
- 5 — плазматическая мембрана;
- 6 — перехват Ранвье;
- 7 — петля плазматической мембраны;
- 8 — мезаксон;
- 9 — гребешок.

**Б** — схема образования миелиновой оболочки:

Представлены четыре стадии «обволакивания» аксона 2 Шванновской клеткой 1 и его обертывание несколькими двоянными слоями мембраны, которые после сжатия образуют плотную миелиновую оболочку.

Нервные волокна, имеющие миелиновую оболочку, называются миелинизированными (мякотными), а волокна, не имеющие миелиновой оболочки, — немиелинизированными (безмякотными).

По функциональным признакам различают афферентные (чувствительные) и эфферентные (двигательные) нервные волокна.

Нервные волокна, выходящие за пределы нервной системы, образуют нервы. Нерв — это совокупность нервных волокон. Каждый нерв имеет оболочку и кровоснабжение (рис. 6).

Различают спинномозговые нервы, связанные со спинным мозгом (31 пара), и черепно-мозговые нервы

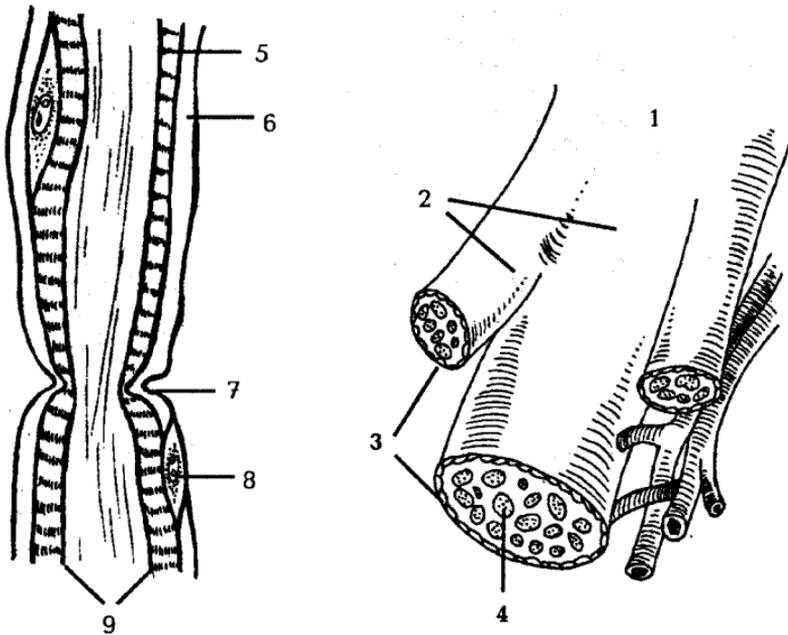


Рис. 6. Строение нерва и нервного волокна:

- 1 — общий ствол нерва;
- 2 — разветвления нервного волокна;
- 3 — оболочка нерва;
- 4 — пучки нервных волокон;
- 5 — миелиновая оболочка;
- 6 — мембрана Шванновской клетки;
- 7 — перехват Ранвье;
- 8 — ядро Шванновской клетки;
- 9 — аксолема.

(12 пар), связанные с головным мозгом. В зависимости от количественного соотношения афферентных и эфферентных волокон в составе одного нерва различают чувствительные, двигательные и смешанные нервы. В чувствительных нервах преобладают афферентные волокна, в двигательных — эфферентные, в смешанных — количественное соотношение афферентных и эфферентных волокон приблизительно равно. Все спинномозговые нервы являются смешанными нервами. Среди черепно-мозговых нервов выделяют три вышеперечисленных типа нервов. I пара — обонятельные нервы (чувствительные), II пара — зрительные нервы (чувствительные), III пара — глазодвигательные (двигательные), IV пара — блоковые нервы (двигательные), V пара — тройничные нервы (смешанные), VI пара — отводящие нервы (двигательные), VII пара — лицевые нервы (смешанные), VIII пара — вестибуло-кохлеарные нервы (чувствительные), IX пара — языкоглоточные нервы (смешанные), X пара — блуждающие нервы (чувствительные), XI пара — добавочные нервы (двигательные), XII пара — подъязычные нервы (двигательные) (рис. 7, табл. 1).

## **Серое и белое вещество нервной системы**

На свежих срезах мозга видно, что одни структуры более темные — это серое вещество нервной системы, а другие структуры более светлые — это белое вещество нервной системы. Белое вещество нервной системы образовано миелинизированными нервными волокнами, серое — немиелинизированными частями нейрона — сомами и дендритами.

Белое вещество нервной системы представлено центральными трактами и периферическими нервами. Функция белого вещества — передача информации от рецепторов в центральную нервную систему и от одних отделов нервной системы к другим.

Серое вещество центральной нервной системы образовано корой мозжечка и корой полушарий большого мозга, ядрами, ганглиями и некоторыми нервами.

Серое вещество центральной нервной системы образовано корой мозжечка и корой полушарий большого мозга, ядрами, ганглиями и некоторыми нервами.

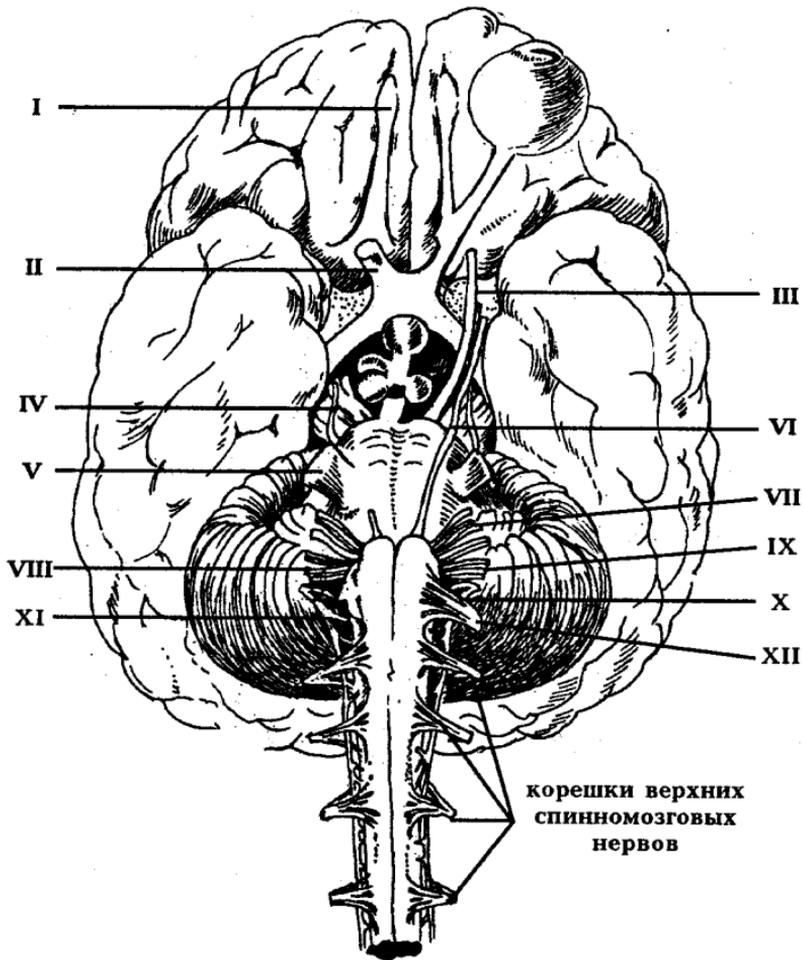


Рис. 7.

Схема расположения черепно-мозговых и спинальных нервов:

- I — обонятельные нервы;
- II — зрительные нервы;
- III — глазодвигательные нервы;
- IV — блоковые нервы;
- V — тройничные нервы;
- VI — отводящие нервы;
- VII — лицевые нервы;
- VIII — кохлеарные нервы;
- IX — языкоглоточные нервы;
- X — блуждающие нервы;
- XI — добавочные нервы;
- XII — подъязычные нервы.

## Черепно-мозговые нервы

Нерв	Место выхода из мозга	Функции
I обонятельный	Обонятельная луковица	Сенсорный вход от обонятельных рецепторов
II зрительный	Зрительная хиазма	Сенсорный вход от ганглиозных клеток глаза
III глазодвигательный	Перед мостом, на медиальном крае мозга	Моторный выход к 4 из 6 наружных мышц глазного яблока
IV блоковой	Дорсально, позади четверохолмия огибает ножку мозга	Моторный выход к передней косой мышце глазного яблока
V тройничный	Передний край варолиева моста, латерально	Моторный выход к жевательным мышцам, основной сенсорный вход от лица
VI отводящий	Задний край моста, в борозде между мостом и пирамидой	Моторный выход к наружной мышце глазного яблока
VII лицевой	На заднем крае моста, впереди и латерально от оливы	Основной выход к мышцам лица, вход от вкусовых рецепторов
VIII кохлеарный	Задний край моста, латерально от оливы	Сенсорный вход от уха и вестибулярного органа
IX языкоглоточный	В борозде позади оливы	Вход от каротидного тела, вкусовых рецепторов, моторный выход к мышцам зева, гортани и слюнным железам
X блуждающий	Позади языкоглоточного нерва, в борозде позади оливы	Моторный выход к мышцам сердца, легких и кишечника
XI добавочный (верхние и нижние корешки)	Верхние корешки: позади блуждающего нерва, нижние корешки между передними и задними корешками шейных нервов	Моторный выход к мышцам груди и трапециевидной мышце
XII подъязычный	Между пирамидой и оливой	Моторный выход к мышцам языка

**Ядра** — скопления серого вещества в толще белого вещества. Они расположены в разных отделах центральной нервной системы: в белом веществе больших полушарий — подкорковые ядра, в белом веществе мозжечка — мозжечковые ядра, некоторые ядра расположены в промежуточном, среднем и продолговатом мозге. Большинство ядер являются нервными центрами, регулирующими ту или иную функцию организма.

**Ганглии** — это скопление нейронов, расположенных вне пределов центральной нервной системы. Различают спинномозговые, черепно-мозговые ганглии и ганглии автономной нервной системы. Ганглии образованы преимущественно афферентными нейронами, но в их состав могут входить вставочные и эфферентные нейроны.

## ■ Взаимодействие нейронов

Место функционального взаимодействия или контакта двух клеток (место, где одна клетка оказывает влияние на другую клетку) английский физиолог Ч. Шеррингтон назвал синапсом.

Синапсы бывают периферическими и центральными. Примером периферического синапса является нервно-мышечный синапс, когда нейрон образует контакт с мышечным волокном. Синапсы в нервной системе называются центральными, когда контактируют два нейрона (рис. 8).

Выделяется пять типов синапсов, в зависимости от того, какими частями контактируют нейроны: 1) аксо-дендритный (аксон одной клетки контактирует с дендритом другой); 2) аксо-соматический (аксон одной клетки контактирует с сомой другой клетки); 3) аксо-аксональный (аксон одной клетки контактирует с аксоном другой клетки); 4) дендро-дендритный (дендрит одной клетки контактирует с дендритом другой клетки); 5) сомо-соматический (контактируют сомы двух клеток). Основная масса контактов — аксо-дендритных и аксо-соматических.

Синаптические контакты могут быть между двумя возбудительными нейронами, двумя тормозными

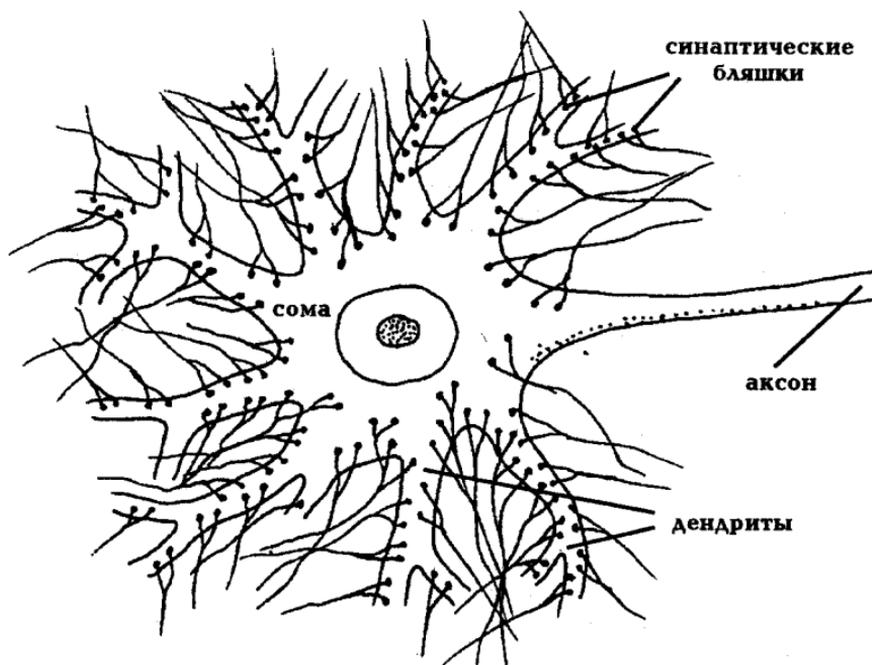


Рис. 8. Синаптические входы нейрона

Синаптические бляшки окончаний пресинаптических аксонов образуют соединения на дендритах и теле (соме) постсинаптического нейрона.

нейронами или между возбуждающим и тормозным нейронами. При этом нейроны, которые оказывают воздействие, называют пресинаптическими, а нейроны, на которые оказывается воздействие, — постсинаптическими. Пресинаптический возбуждающий нейрон повышает возбудимость постсинаптического нейрона. В этом случае синапс называют возбуждающим. Пресинаптический тормозный нейрон оказывает противоположное действие — снижает возбудимость постсинаптического нейрона. Такой синапс называют тормозным. Каждый из пяти типов центральных синапсов имеет свои морфологические особенности, хотя общая схема их строения одинакова.

## Строение синапса

Рассмотрим строение синапса на примере аксо-соматического. Синапс состоит из трех частей: пресинаптического окончания, синаптической щели и постсинаптической мембраны (рис. 9).

Пресинаптическое окончание (синаптическая бляшка) представляет собой расширенную часть терминали аксона. Синаптическая щель — это пространство между двумя контактирующими нейронами. Диаметр синаптической щели составляет 10–20 нм. Мембрана пресинаптического окончания, обращенная к синаптической щели, называется пресинаптической мембраной. Третья часть синапса — постсинаптическая мембрана, которая расположена напротив пресинаптической мембраны.

Пресинаптическое окончание заполнено пузырьками (везикулами) и митохондриями. В везикулах находятся биологически активные вещества — медиаторы. Медиаторы синтезируются в соме и по микротрубочкам транспортируются в пресинаптическое окончание. Наиболее часто в качестве медиатора выступают адреналин, норадреналин, ацетилхолин, серотонин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), глицин и другие. Обычно синапс содержит один из медиаторов в большем количестве по сравнению с другими медиаторами. По типу медиатора принято обозначать синапсы: адреноэргические, холинэргические, серотонинэргические и др.

В состав постсинаптической мембраны входят особые белковые молекулы — рецепторы, которые могут присоединять молекулы медиаторов.

Синаптическая щель заполнена межклеточной жидкостью, в которой находятся ферменты, способствующие разрушению медиаторов.

На одном постсинаптическом нейроне может находиться до 20000 синапсов, часть которых являются возбуждающими, а часть — тормозными.

Помимо химических синапсов, в которых при взаимодействии нейронов участвуют медиаторы, в нервной системе встречаются электрические синапсы. В электрических синапсах взаимодействие двух нейронов осуществляется посредством биотоков. В цент-

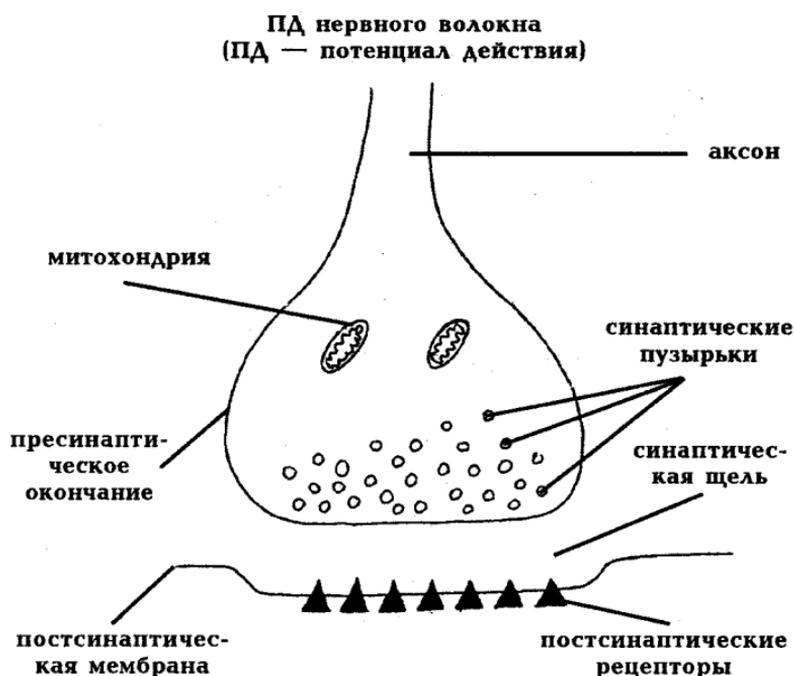


Рис. 9. Схема строения синапса.

ральной нервной системе преобладают химические синапсы.

В некоторых межнейронных синапсах электрическая и химическая передача осуществляется одновременно — это смешанный тип синапсов.

Влияние возбуждающих и тормозных синапсов на возбудимость постсинаптического нейрона суммируется, и эффект зависит от места расположения синапса. Чем ближе синапсы расположены к аксональному холмику, тем они эффективнее. Напротив, чем дальше расположены синапсы от аксонального холмика (например, на окончаниях дендритов), тем они менее эффективны. Таким образом, синапсы, расположенные на соме и аксональном холмике, оказывают влияние на возбудимость нейрона быстро и эффективно, а влияние удаленных синапсов медленно и плавно.

## ■ Нейронные сети

Благодаря синаптическим связям нейроны объединены в функциональные единицы — нейронные сети. Нейронные сети могут быть образованы нейронами, расположенными на небольшом расстоянии. Такую нейронную сеть называют локальной. Кроме того, в сеть могут быть объединены нейроны, удаленные друг от друга, из разных областей мозга. Самый высокий уровень организации связей нейронов отражает соединение нескольких областей центральной нервной системы. Такую нервную сеть называют *путем*, или *системой*. Различают нисходящие и восходящие пути. По восходящим путям информация передается от нижележащих областей мозга к вышележащим (например, от спинного мозга к коре полушарий большого мозга). Нисходящие пути связывают кору больших полушарий мозга со спинным мозгом.

Самые сложные сети называются распределительными системами. Они образуются нейронами разных отделов мозга, управляющих поведением, в которых участвует организм как единое целое.

Некоторые нервные сети обеспечивают конвергенцию (схождение) импульсов на ограниченном количестве нейронов. Нервные сети могут быть построены также по типу дивергенции (расхождение). Такие сети обуславливают передачу информации на значительные расстояния. Кроме того, нервные сети обеспечивают интеграцию (суммирование или обобщение) различного рода информации (рис. 10).

## ■ Рефлекс как основной принцип работы нервной системы

Одним из примеров нервных сетей может быть рефлекторная дуга, необходимая для осуществления рефлекса. И.М. Сеченов в 1863 г. в работе «Рефлексы головного мозга» развил представление о том, что рефлекс является основным принципом работы не только спинного, но и головного мозга.

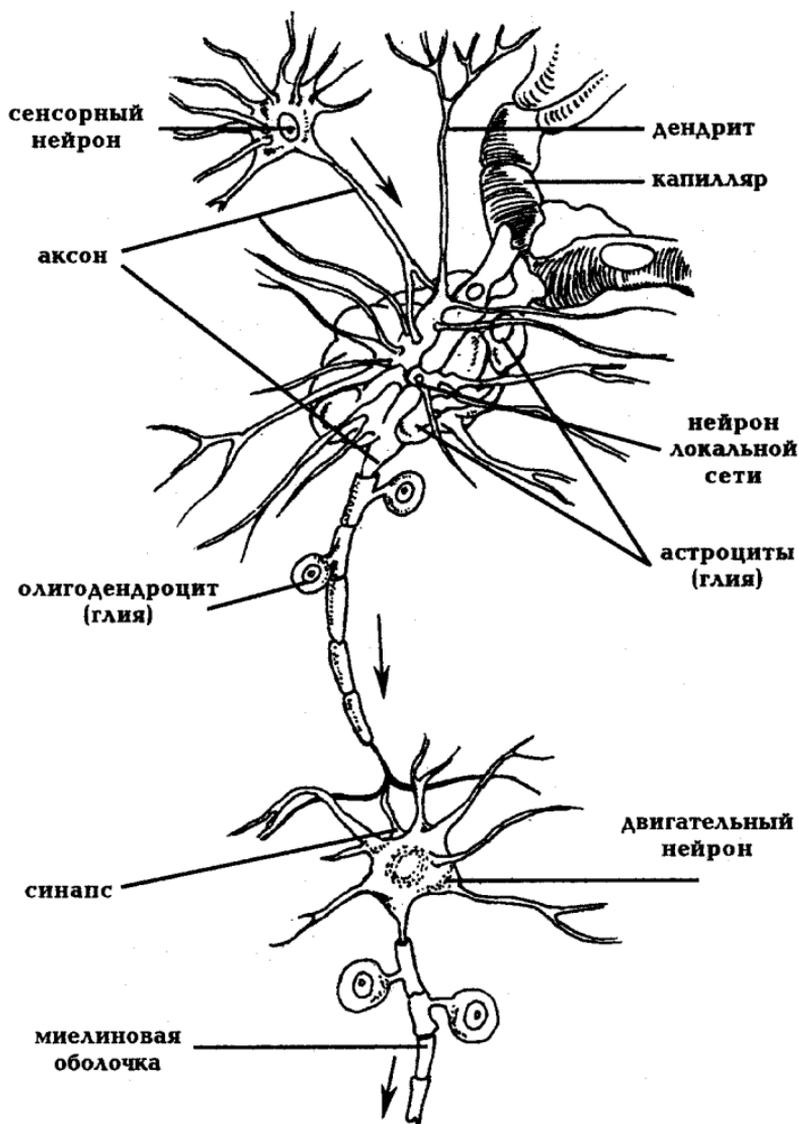


Рис. 10. Нервная сеть

Крупный нейрон с множеством дендритов получает информацию через синаптический контакт с другими нейронами (слева вверху). С помощью миелинизированного аксона образуется синаптический контакт с третьим нейроном (внизу). Поверхности нейронов изображены без клеток глии, которые окружают отросток, направленный к капилляру (справа вверху).

Рефлекс — это ответная реакция организма на раздражение при участии центральной нервной системы. Для каждого рефлекса имеется своя рефлекторная дуга — путь, по которому возбуждение проходит от рецептора до эффектора (исполнительного органа). В состав любой рефлекторной дуги входят пять составных частей: 1) рецептор — специализированная клетка, предназначенная для восприятия раздражителя (звуковой, световой, химический и т.д.), 2) афферентный путь, который представлен афферентными нейронами, 3) участок центральной нервной системы, представленный спинным или головным мозгом; 4) эфферентный путь состоит из аксонов эфферентных нейронов, выходящих за пределы центральной нервной системы; 5) эффектор — рабочий орган (мышца или железа и т.д.).

Простейшая рефлекторная дуга включает два нейрона и называется моносинаптической (по числу синапсов). Более сложная рефлекторная дуга представлена тремя нейронами (афферентным, вставочным и эфферентным) и называется трехнейронной или дисинаптической. Однако большинство рефлекторных дуг включает большое количество вставочных нейронов, и называются полисинаптическими (рис. 11).

Рефлекторные дуги могут проходить только через спинной мозг (отдергивание руки при прикосновении к горячему предмету) или только головной мозг (закрывание век при струе воздуха, направленной в лицо), или как через спинной, так и через головной мозг.

Рефлекторные дуги замыкаются в рефлекторные кольца с помощью обратных связей. Понятие обратной связи и ее функциональная роль были указаны Беллом в 1826 г. Белл писал, что между мышцей и центральной нервной системой устанавливаются двусторонние связи. С помощью обратной связи в центральную нервную систему поступают сигналы о функциональном состоянии эффектора.

Морфологической основой обратной связи являются рецепторы, расположенные в эффекторе, и афферентные нейроны, связанные с ними (рис. 12).

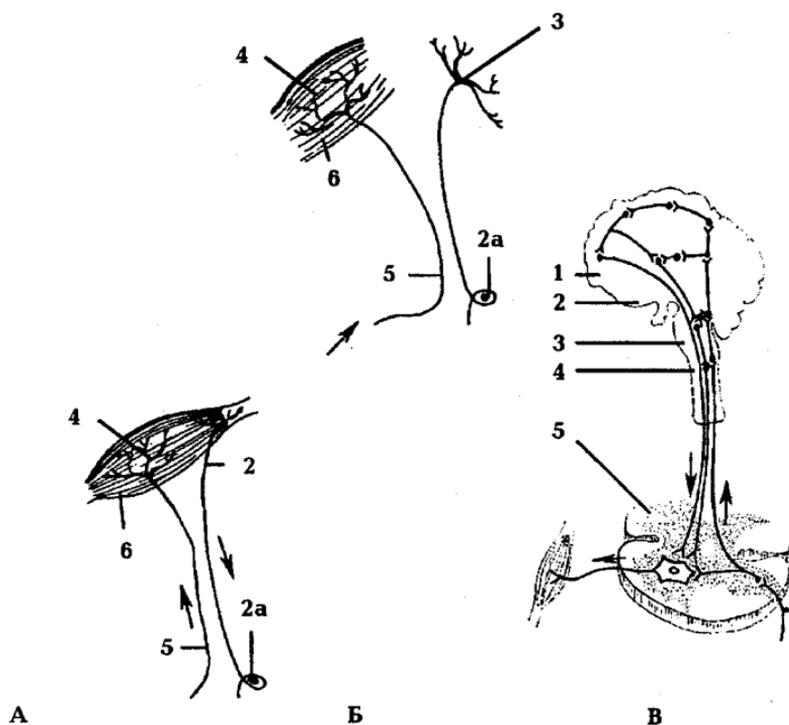


Рис. 11. Схема рефлекторных дуг:

**А — моносинаптическая рефлекторная дуга:**

- 1 — рецептор в мышце и сухожилии;
- 1a — рецептор в коже;
- 2 — аффертное волокно;
- 2a — нейрон спинного узла;
- 3 — вставочный нейрон;
- 4 — мотонейрон;
- 5 — эффертное волокно;
- 6 — эффектор (мышца).

**Б — дисинаптическая рефлекторная дуга:**

**В — полисинаптическая рефлекторная дуга, уровни «многоэтажной» рефлекторной дуги**

- 1 — корковый;
- 2 — диэнцефалический;
- 3 — мезэнцефалический;
- 4 — бульбарный;
- 5 — спинальный.

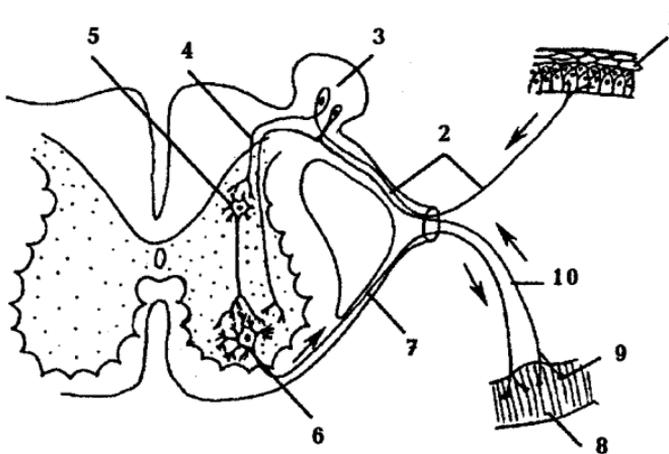


Рис. 12. Схема рефлекторного кольца:

- 1 — нервное окончание афферентного нейрона в коже;
- 2 — дендрит афферентного нейрона;
- 3 — спинномозговой узел;
- 4 — аксон афферентного нейрона;
- 5 — вставочный нейрон;
- 6 — мотонейрон;
- 7 — аксон мотонейрона;
- 8 — синаптическое окончание в мышце;
- 9 — мышечные рецепторы;
- 10 — отросток чувствительного нейрона, который проводит возбуждение от мышцы (обратная афферентная связь).

Благодаря обратным афферентным связям осуществляется тонкая регуляция работы эффектора и адекватная реакция организма на изменения окружающей среды.

## Оболочки мозга

Центральная нервная система (спинной и головной мозг) имеют три соединительно-тканые оболочки: твердую, паутинную и мягкую. Самая наружная из них твердая мозговая оболочка (она срастается с надкостницей, выстилающей поверхность черепа). Паутинная оболочка лежит под твердой оболочкой. Она плотно прижата к твердой и между ними нет свободного пространства.

Непосредственно к поверхности мозга примыкает мягкая мозговая оболочка, в которой много кровеносных сосудов, питающих мозг. Между паутинной и мягкой оболочками имеется пространство, заполненное жидкостью — ликвором. По составу ликвор близок к плазме крови и межклеточной жидкости и играет противоударную роль. Кроме того, в ликворе содержатся лимфоциты, обеспечивающие защиту от чужеродных веществ. Он же участвует в обмене веществ между клетками спинного, головного мозга и кровью (рис. 13 А).

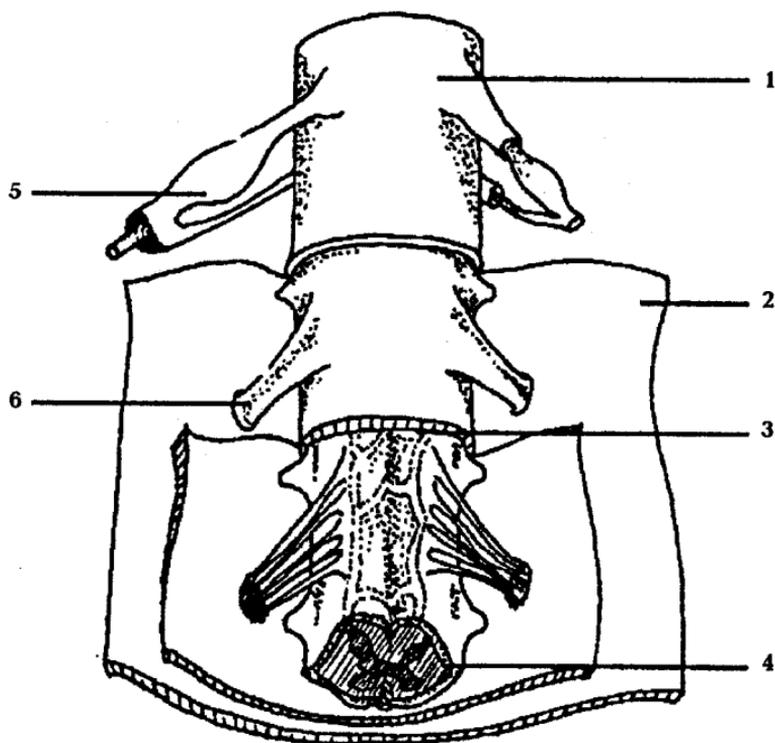


Рис. 13А. Оболочки спинного мозга:

- 1 — твердая;
- 2 — твердая мозговая;
- 3 — паутинная;
- 4 — мягкая оболочка с задней спинномозговой артерией;
- 5 — спинномозговой узел;
- 6 — задний корешок.

## Полости мозга

Внутри спинного мозга располагается спинномозговой канал, который, переходя в головной мозг, расширяется в продолговатом мозге и образует четвертый желудочек. На уровне среднего мозга желудочек переходит в узкий канал — Сильвиев водопровод. В промежуточном мозге Сильвиев водопровод расширяется, образуя полость третьего желудочка, который плавно переходит на уровне полушарий головного мозга в боковые желудочки (I и II). Все перечисленные полости также заполнены ликвором (рис. 13 Б).

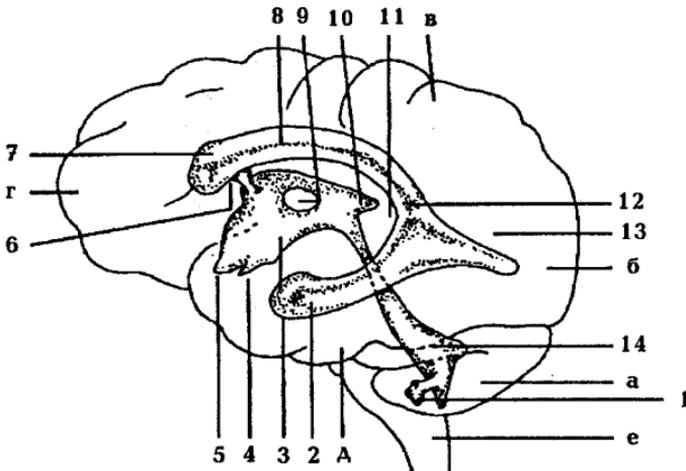


Рис. 13Б. Схема желудочков мозга и их отношение к поверхностным структурам полушарий головного мозга:

- а — мозжечок; б — затылочный полюс; в — теменной полюс;
- г — лобный полюс; д — височный полюс;
- е — продолговатый мозг; 1 — боковое отверстие четвертого желудочка; 2 — нижний рог бокового желудочка;
- 3 — водопровод; 4 — углубление воронки;
- 5 — зрительное углубление; 6 — межжелудочное отверстие;
- 7 — передний рог бокового желудочка;
- 8 — центральная часть бокового желудочка;
- 9 — сращение зрительных бугров; 10 — третий желудочек;
- 11 — шишковидное углубление;
- 12 — вход в боковой желудочек;
- 13 — задний рог бокового желудочка;
- 14 — четвертый желудочек.

#### ■ Внешнее строение спинного мозга

---

Спинальный мозг представляет собой уплощенный тяж, расположенный в позвоночном канале. В зависимости от параметров тела человека его длина составляет 41–45 см, средний диаметр 0,48–0,84 см, вес около 34–38 г. В центре спинного мозга проходит спинномозговой канал, заполненный ликвором, а передней и задней срединными бороздами спинной мозг разделен на две симметричные половины.

Спереди спинной мозг переходит в головной мозг, а сзади оканчивается мозговым конусом на уровне 2-го позвонка поясничного отдела позвоночника. От мозгового конуса отходит соединительнотканная концевая нить (продолжение мозговых оболочек), которая прикрепляет спинной мозг к копчику. Концевая нить окружена нервными волокнами (конский хвост) (рис. 14).

Спинальный мозг имеет два утолщения — шейное и пояснично-крестцовое, от которых отходят нервы, иннервирующие соответственно скелетные мышцы рук и ног.

В спинном мозге выделяют шейный, грудной, поясничный и крестцовый отделы, каждый из которых подразделяется на сегменты: шейный — 8 сегментов, грудной — 12, поясничный — 5, крестцовый — 5 и копчиковый — 1. Таким образом, общее количество сегментов 31 (рис. 15). Каждый сегмент спинного мозга имеет парные спинномозговые корешки — передние и задние. По задним корешкам в спинной мозг

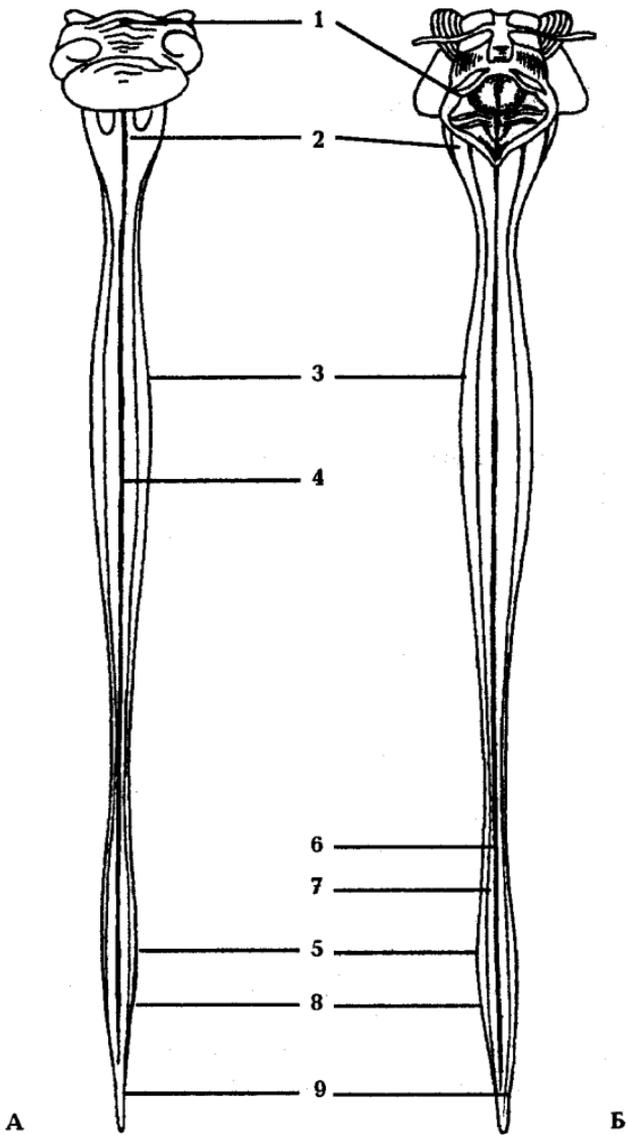


Рис. 14. Спинной мозг:

А — передняя поверхность спинного мозга; Б — задняя поверхность спинного мозга; 1 — мост; 2 — продолговатый мозг; 3 — шейное утолщение; 4 — передняя срединная щель; 5 — пояснично-крестцовое утолщение; 6 — задняя срединная борозда; 7 — задняя латеральная борозда; 8 — мозговой конус; 9 — концевая (терминальная) нить.

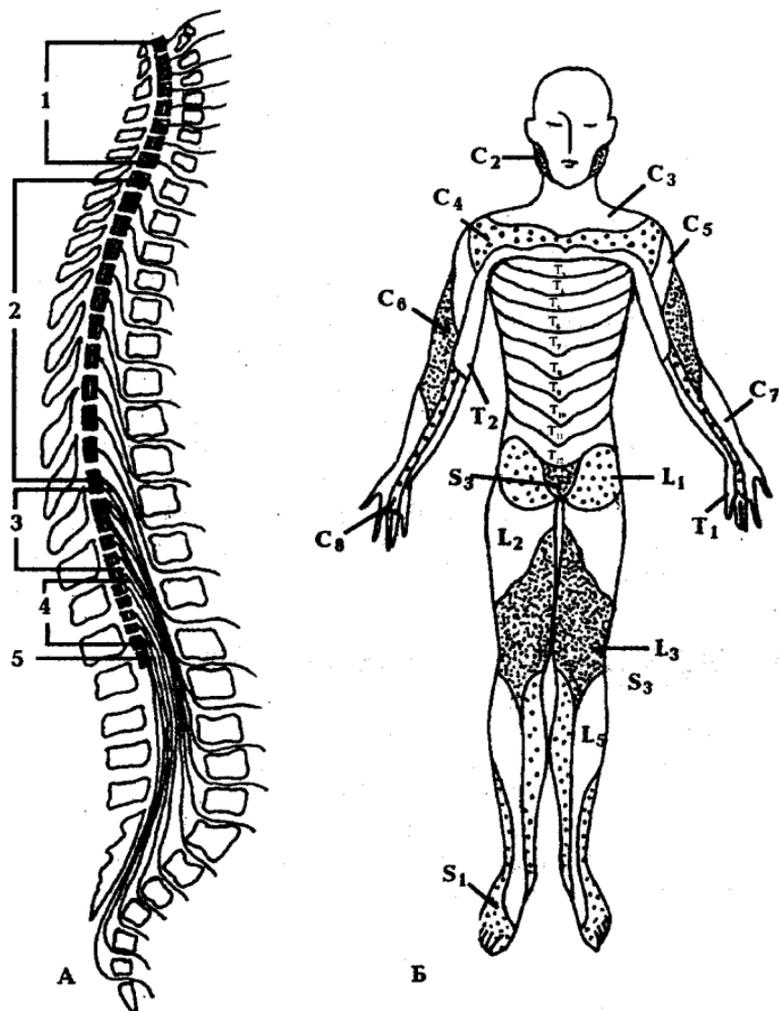


Рис. 15. Топография сегментов спинного мозга (А) и схема дерматомов (Б):

1 — шейные (C<sub>1</sub> — C<sub>8</sub>); 2 — грудные (Th<sub>1</sub> — Th<sub>12</sub>); 3 — поясничные (L<sub>1</sub> — L<sub>5</sub>); 4 — крестцовые (S<sub>1</sub> — S<sub>5</sub>); 5 — копчиковые (C<sub>01</sub> — C<sub>03</sub>).

*Иннервация поверхности тела 31 парой спинномозговых нервов. Распределение зон спинномозговых нервов по сегментам было установлено путем определения размеров и границ участков кожи (дерматомов), иннервируемых каждым нервом. Дерматомы расположены на поверхности тела по сегментарному принципу.*

поступает информация от рецепторов кожи, мышц, сухожилий, связок, суставов, поэтому задние корешки называют сенсорными (чувствительными). Перерезка задних корешков выключает тактильную чувствительность, но не приводит к утрате движений.

По передним корешкам спинного мозга нервные импульсы поступают к скелетным мышцам тела (за исключением мышц головы), вызывая их сокращение, поэтому передние корешки называют двигательными или моторными. После перерезки передних корешков с одной стороны наблюдается полное выключение двигательных реакций, чувствительность к прикосновению или давлению при этом сохраняется.

Передние и задние корешки каждой стороны спинного мозга объединяются в спинномозговые нервы. Спинномозговые нервы называют сегментарными, их количество соответствует числу сегментов и составляет 31 пару.

## Внутреннее строение спинного мозга

Спинной мозг построен по ядерному типу. Вокруг спинномозгового канала расположено серое вещество, на периферии — белое. Серое вещество образовано соматами нейронов и ветвящимися дендритами, не имеющими миелиновых оболочек. Белое вещество — это совокупность нервных волокон, покрытых миелиновыми оболочками.

В сером веществе различают передние и задние рога, между которыми лежит промежуточная зона. В грудном и поясничном отделах спинного мозга имеются боковые рога (рис. 16).

Серое вещество спинного мозга образовано двумя группами нейронов: эфферентными и вставочными. Основную массу серого вещества составляют вставочные нейроны (до 97%) и только 3% составляют эфферентные нейроны, или мотонейроны. Мотонейроны расположены в передних рогах спинного мозга. Среди них различают  $\alpha$ - и  $\gamma$ -мотонейроны:  $\alpha$ -мотонейроны иннервируют волокна скелетных мышц и представляют собой крупные клетки с относительно длинными дендритами;  $\gamma$ -мотонейроны представлены мел-



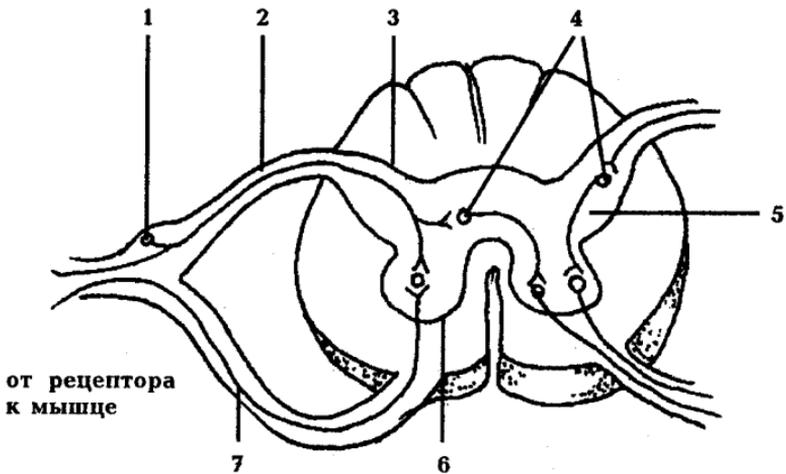


Рис. 16В. Внутреннее строение спинного мозга:

- 1 — спинномозговой узел;
- 2 — задний корешок;
- 3 — задний рог;
- 4 — вставочные нейроны спинного мозга;
- 5 — промежуточное серое вещество;
- 6 — передний рог;
- 7 — передний корешок.

## Проводящие пути спинного мозга

Белое вещество спинного мозга окружает серое вещество и образует столбы спинного мозга. Различают передние, задние и боковые столбы. Столбы — это тракты спинного мозга, образованные длинными аксонами нейронов, идущими вверх по направлению к головному мозгу (восходящие пути) либо вниз — от головного мозга к ниже расположенным сегментам спинного мозга (нисходящие пути).

По восходящим путям спинного мозга передается информация от рецепторов мышц, сухожилий, связок, суставов и кожи к головному мозгу. Восходящие пути являются также проводниками температурной и болевой чувствительности. Все восходящие пути перекрещиваются на уровне спинного (или головного) мозга. Таким образом, левая половина головного мозга (кора полушарий и мозжечок) получают информацию от рецепторов правой половины тела и наоборот.

*Основные восходящие пути:* от механорецепторов кожи и рецепторов опорно-двигательного аппарата — это мышцы, сухожилия, связки, суставы — пучки Голя и Бурдаха или соответственно они же — нежный и клиновидный пучки представлены задними столбами спинного мозга (рис. 17 А).

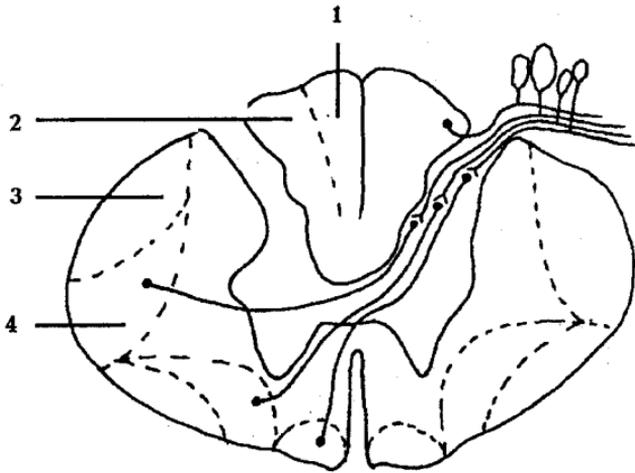
От этих же рецепторов информация поступает в мозжечок по двум путям, представленным боковыми столбами, которые называются передним и задним спинномозжечковыми трактами. Кроме того, в боковых столбах проходят еще два пути — это боковой и передний спинно-таламические пути, передающие информацию от рецепторов температурной и болевой чувствительности.

Задние столбы обеспечивают более быстрое проведение информации о локализации раздражений, чем боковой и передний спинно-таламические пути.

*Нисходящие пути,* проходя в составе передних и боковых столбов спинного мозга, являются двигательными, так как они влияют на функциональное состояние скелетных мышц тела. Пирамидный путь начинается в основном в двигательной коре полушарий и проходит по продолговатому мозгу, где большая часть волокон перекрещивается и переходит на противоположную сторону. После этого пирамидный путь разделяется на боковой и передний пучки: соответственно передний и боковой пирамидные пути. Большинство волокон пирамидных путей оканчивается на вставочных нейронах, а около 20% образуют синапсы на мотонейронах. Пирамидное влияние является возбуждающим.

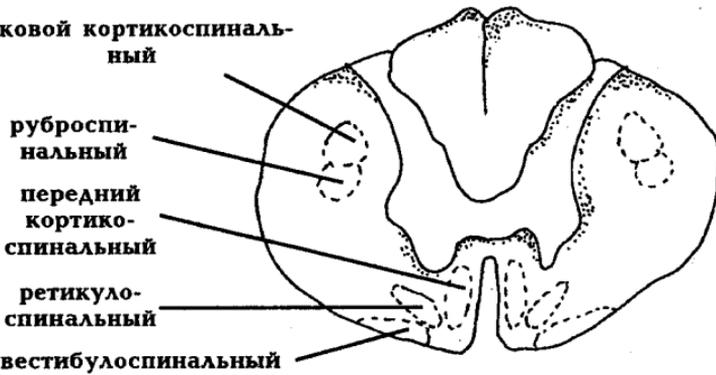
Ретикуло-спинальный путь, руброспинальный путь и вестибулоспинальный путь (экстрапирамидная система) начинаются соответственно от ядер ретикулярной формации, ствола мозга, красных ядер среднего мозга и вестибулярных ядер продолговатого мозга. Эти пути проходят в боковых столбах спинного мозга, участвуют в координации движений и обеспечении мышечного тонуса. Экстрапирамидные пути, так же как и пирамидные, являются перекрещенными (рис. 17 Б).

Таким образом, спинной мозг осуществляет две важнейшие функции: рефлекторную и проводниковую. Рефлекторная функция осуществляется за счет двигательных центров спинного мозга: мотонейроны перед-



А

боковой кортикоспинальный



Б

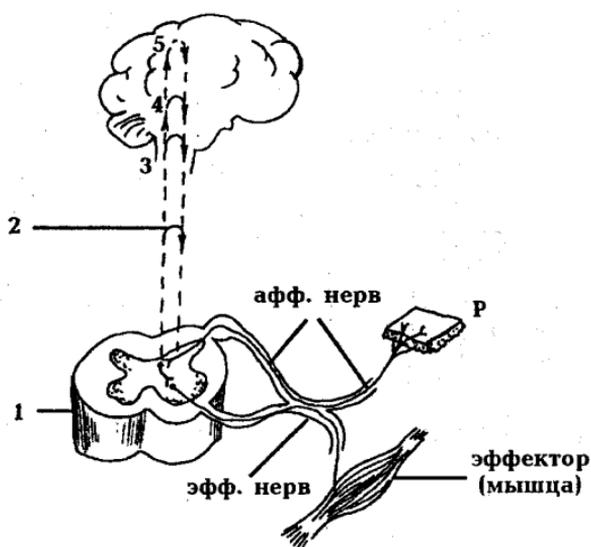
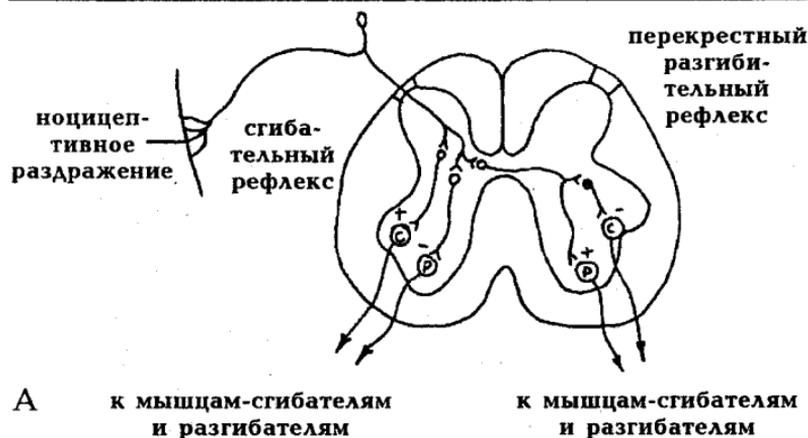
Рис. 17 А-Б

**А** — Восходящие пути спинного мозга:

- 1 — пучок Голля;
- 2 — пучок Бурдаха;
- 3 — дорсальный спинно-мозжечковый тракт;
- 4 — вентральный спинно-мозжечковый тракт;
- 5 — передний спинно-таламический путь;
- 6 — латеральный спинно-таламический путь.

**Б** — Главные нисходящие спинно-мозговые пути:

пирамидной (латеральный и передний кортикоспинальные пути) и экстрапирамидной (руброспинальные, ретикулоспинальные и вестибулоспинальные пути) систем.



**Рис. 18.** Рефлекторные дуги, проходящие через спинной мозг:

А — дуги сгибательного и перекрестного разгибательного рефлексов; Б — элементарная схема безусловного рефлекса.

Нервные импульсы, возникающие при раздражении рецептора (Р), по афферентным волокнам (афф. нерв, показано одно такое волокно) идут к спинному мозгу (1), где через вставочный нейрон передаются на эфферентные волокна (эфф. нерв), по которым доходят до эффектора. Пунктирные линии — распространение возбуждения от низших отделов центральной нервной системы на ее вышеразположенные отделы (2, 3, 4) до коры мозга (5) включительно. Наступающее вследствие этого изменение состояния высших отделов мозга, в свою очередь, воздействует (см. стрелки) на эфферентный нейрон, влияя на конечный результат рефлекторного ответа.

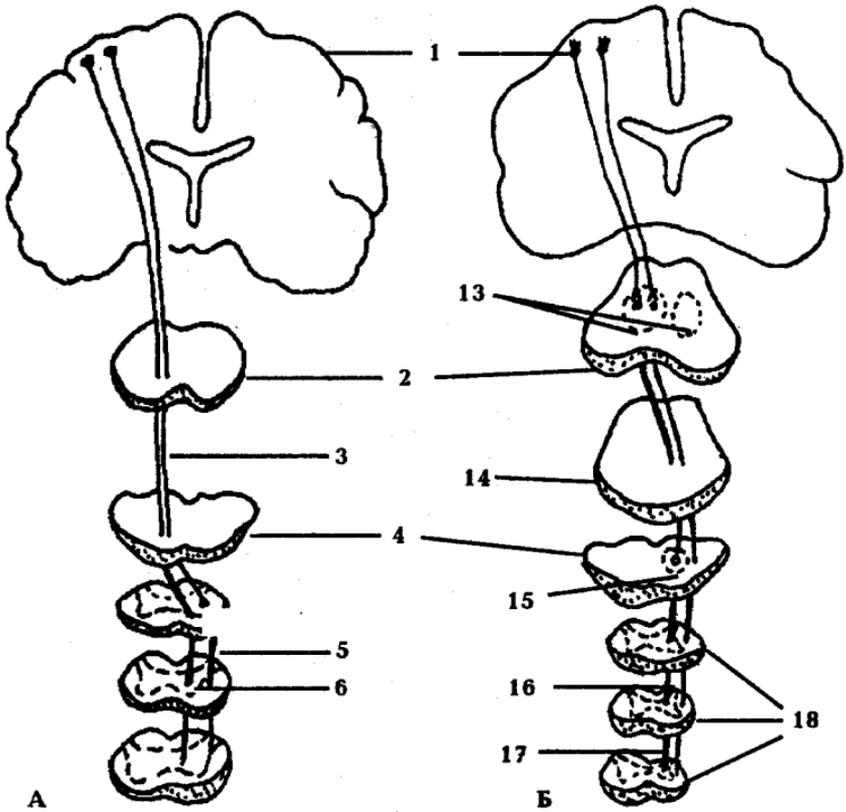


Рис. 19. Схема проводящих путей спинного мозга:

**Нисходящие пути:**

А — пирамидный или кортикоспинальный;

Б — экстрапирамидная система

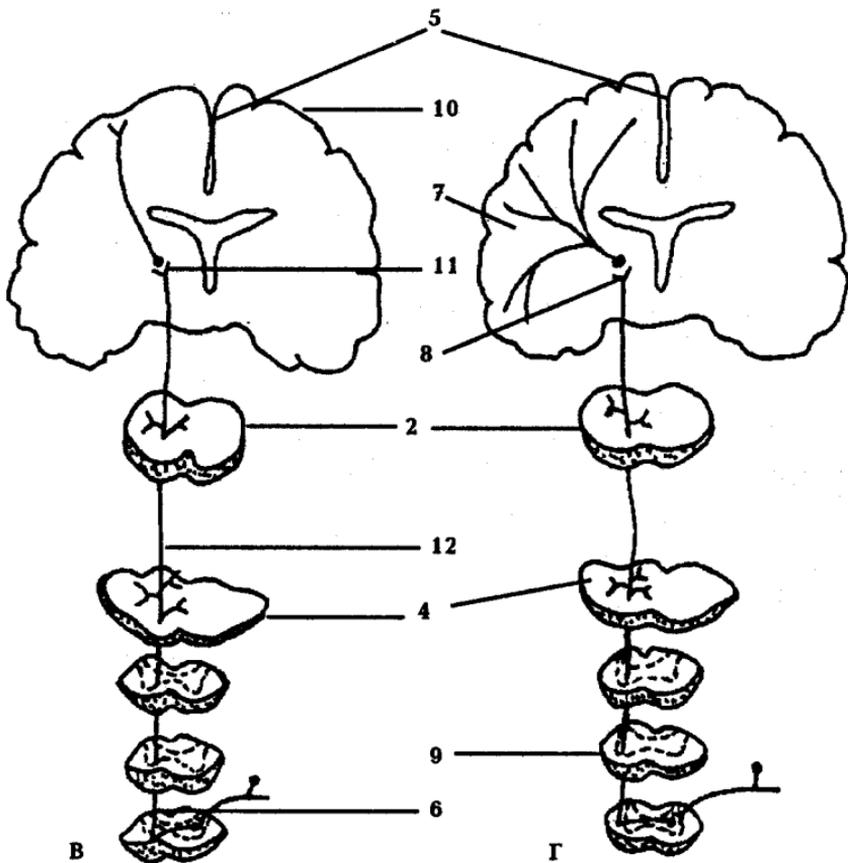
Руброспинальный и ретикулоспинальный пути, входящие в состав мультинейронного экстрапирамидного пути, идущего от коры больших полушарий к спинному мозгу;

**Восходящие пути: В — передний спинно-таламический тракт**

По этому пути в соматосенсорную кору поступает информация от рецепторов давления и прикосновения, а также от болевых и температурных;

**Г — латеральный спинно-таламический тракт**

По этому пути информация от болевых и температурных рецепторов поступает к обширным областям коры головного мозга.



- 1 — двигательная кора;
- 2 — средний мозг;
- 3 — пирамидный путь;
- 4 — продолговатый мозг;
- 5 — боковой кортикоспинальный путь;
- 6 — передний кортикоспинальный путь;
- 7 — диффузные проекции на кору;
- 8 — межпластинчатые ядра таламуса;
- 9 — латеральный спинно-таламический путь;
- 10 — соматосенсорная кора;
- 11 — вентробазальный комплекс таламуса;
- 12 — медиальная петля;
- 13 — красное ядро;
- 14 — мост;
- 15 — ретикулярная формация;
- 16 — руброспинальный путь;
- 17 — ретикулоспинальный путь;
- 18 — спинной мозг.

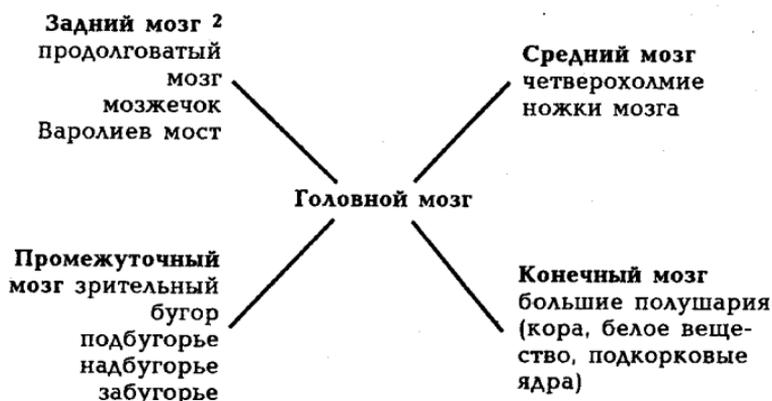
них рогов обеспечивают работу скелетных мышц туловища. При этом поддерживается сохранение мышечного тонуса, координация работы мышц сгибателей-разгибателей, лежащих в основе движений, и сохранение постоянства позы тела и его частей (см. рис. 18, стр. 39). Мотонейроны, расположенные в боковых рогах грудных сегментов спинного мозга, обеспечивают дыхательными движениями (вдох-выдох), регулируя работу межреберных мышц. Мотонейроны боковых рогов поясничного и крестцового сегментов представляют двигательные центры гладких мышц, входящих в состав внутренних органов. Это центры мочеиспускания, дефекации, работы половых органов.

Проводниковую функцию выполняют спинномозговые тракты (см. рис. 19, стр. 40—41).

## ГОЛОВНОЙ МОЗГ

---

### Общая схема строения головного мозга<sup>1</sup>



### Задний мозг

---

Задний мозг, включающий продолговатый мозг и Варолиев мост, представляет собой филогенетически древнюю область центральной нервной системы, сохраняя черты сегментарного строения. В заднем мозге локализованы ядра и проводящие восходящие и нисходящие пути. По проводящим путям в задний мозг поступают афферентные волокна от вестибулярных и слуховых рецепторов, от рецепторов кожи и мышц головы, от рецепторов внутренних органов, а также от вышерасположенных структур головного мозга. В заднем мозге расположены ядра V – XII пар черепно-мозговых нервов, часть из которых иннервирует лицевую и глазодвигательную мускулатуру.

<sup>1</sup> См. рис. 20.

<sup>2</sup> Некоторые анатомы продолговатый мозг не включают в задний мозг, выделяют его в качестве самостоятельного отдела.

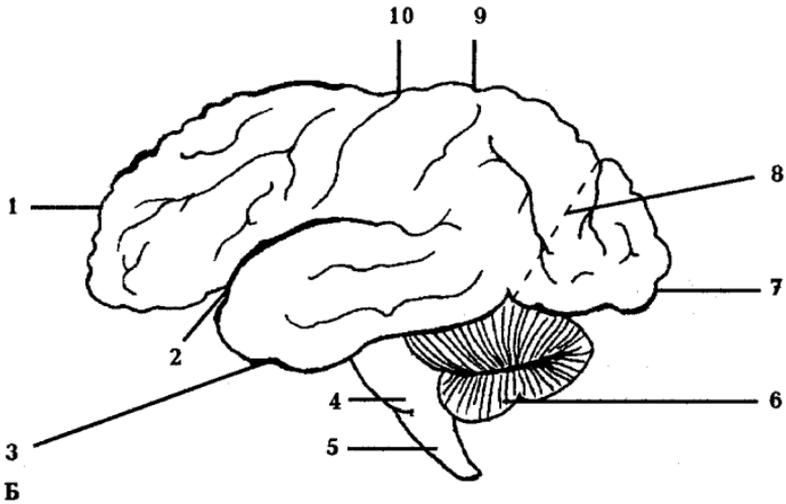
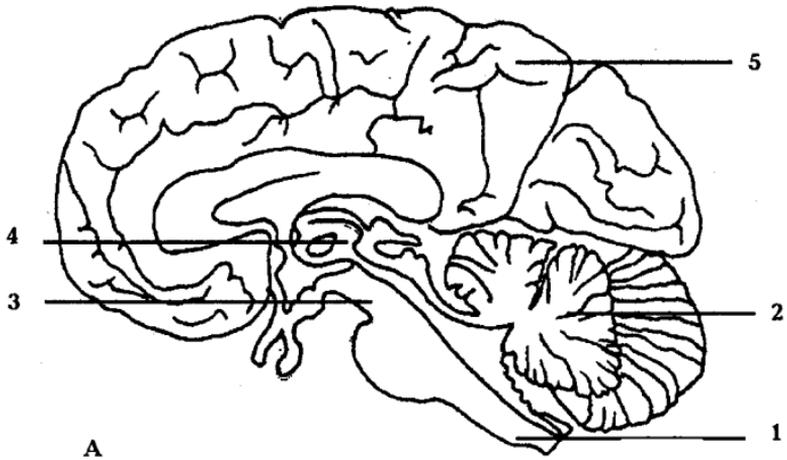


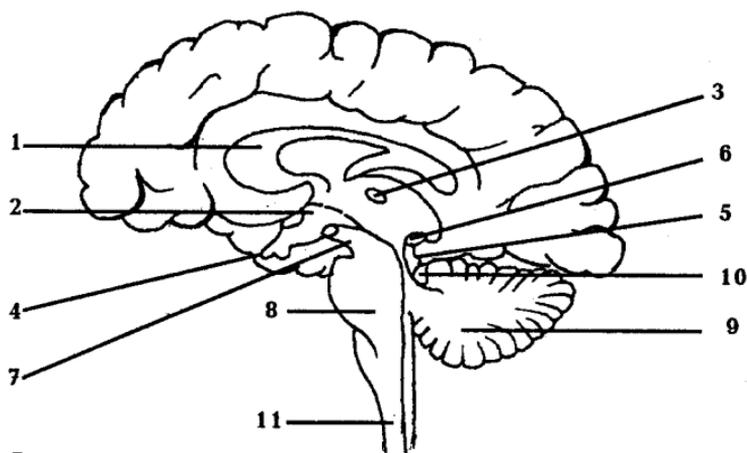
Рис. 20. Головной мозг:

**А** — сагиттальное сечение головного мозга и его основных отделов (схематично):

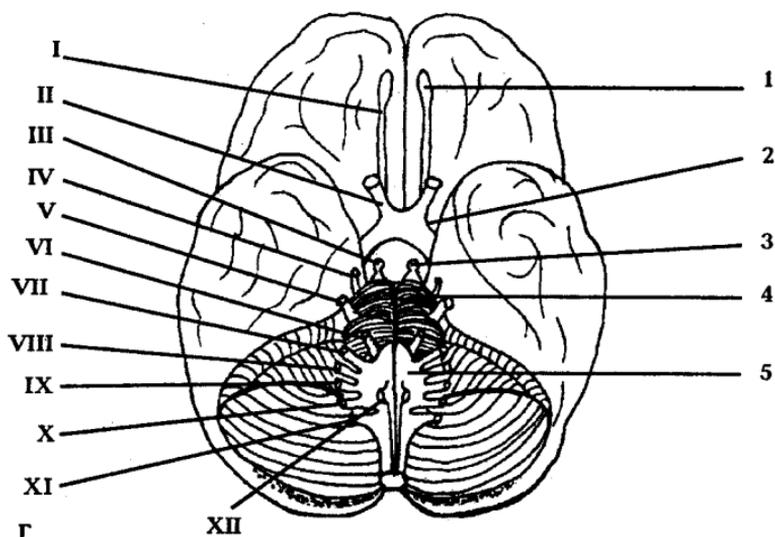
1 — продолговатый мозг, 2 — задний мозг, 3 — средний мозг, 4 — промежуточный мозг, 5 — конечный мозг;

**Б** — вид головного мозга сбоку:

1 — лобная доля; 2 — латеральная борозда; 3 — височная доля; 4 — мост; 5 — продолговатый мозг; 6 — мозжечок; 7 — затылочная доля; 8 — теменно-затылочная борозда; 9 — теменная доля; 10 — центральная борозда;



В



Г

**В** — главные образования медиальной поверхности головного мозга на средне-сагитальном разрезе:

- 1 — мозолистое тело; 2 — гипоталамус; 3 — таламус;  
 4 — гипофиз; 5 — четверохолмие; 6 — шишковидное тело;  
 7 — средний мозг; 8 — мост; 9 — мозжечок;  
 10 — IV желудочек; 11 — продолговатый мозг;

**Г** — основание головного мозга и места выхода корешков черепных нервов:

- 1 — обонятельная луковица; 2 — зрительный перекрест;  
 3 — сосцевидное тело; 4 — мост;  
 5 — продолговатый мозг (пирамиды).

## Продолговатый мозг

Продолговатый мозг расположен между спинным мозгом, Варолиевым мостом и мозжечком (рис. 21). На вентральной поверхности продолговатого мозга по средней линии проходит передняя срединная борозда, по ее бокам расположено два тяжа — пирамиды, сбоку от пирамид лежат оливы (рис. 22 А).

На задней стороне продолговатого мозга тянется задняя медиальная борозда. По ее бокам лежат задние канатики, которые идут к мозжечку в составе задних ножек.

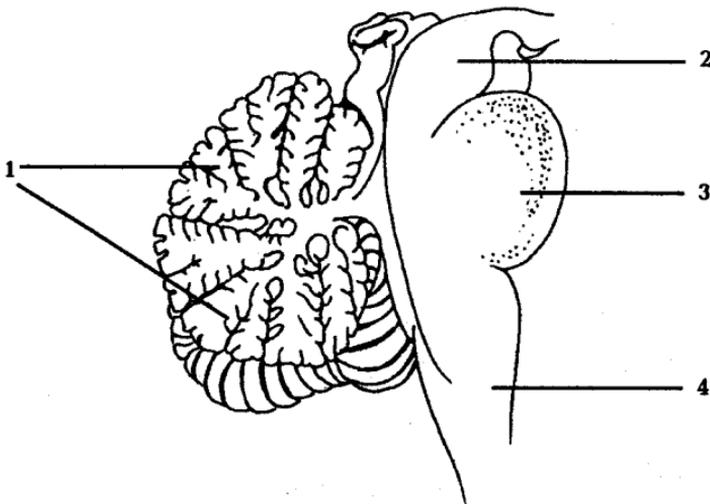


Рис. 21. Задний мозг:

- 1 — мозжечок;
- 2 — ножки мозжечка;
- 3 — мост;
- 4 — продолговатый мозг.

## Серое вещество продолговатого мозга

В продолговатом мозге расположены ядра четырех пар черепно-мозговых нервов. К ним относятся ядра языкоглоточного, блуждающего, добавочного и подъязычного нервов. Кроме того, выделяют нежное, клиновидное ядра и улитковые ядра слуховой системы,

ядра нижних олив и ядра ретикулярной формации (гигантоклеточное, мелкоклеточное и латеральное), а также дыхательные ядра.

Ядра подъязычного (XII пара) и добавочного (XI пара) нервов — двигательные, иннервируют мышцы языка и мышцы, осуществляющие движение головы. Ядра блуждающего (X пара) и языкоглоточного (IX пара) нервов — смешанные, иннервируют мышцы глотки, гортани, щитовидную железу, осуществляют регуляцию глотания, жевания. Эти нервы состоят из афферентных волокон, идущих от рецепторов языка, гортани, трахеи и от рецепторов внутренних органов грудной и брюшной полости. Эфферентные нервные волокна иннервируют кишечник, сердце и сосуды.

Ядра ретикулярной формации не только активизируют кору больших полушарий, поддерживая сознание, но и образуют дыхательный центр, который обеспечивает дыхательные движения.

Таким образом, часть ядер продолговатого мозга регулирует жизненно важные функции (это ядра ретикулярной формации и ядра черепно-мозговых нервов). Другая часть ядер входит в состав восходящих и нисходящих путей (нежное и клиновидное ядра, улитковые ядра слуховой системы) (рис. 22Б).

### Белое вещество продолговатого мозга

Белое вещество продолговатого мозга образовано длинными и короткими нервными волокнами.

Длинные нервные волокна входят в состав нисходящих и восходящих проводящих путей. Короткие нервные волокна обеспечивают согласованную работу правой и левой половин продолговатого мозга.

*Пирамиды* продолговатого мозга — часть *нисходящего пирамидного тракта*, идущего в спинной мозг и оканчивающегося на вставочных нейронах и мотонейронах. Кроме того, через продолговатый мозг проходит рубро-спинальный путь.

Нисходящие вестибуло-спинальный и ретикуло-спинальный тракты берут начало в продолговатом мозге соответственно от вестибулярных и ретикулярных ядер.

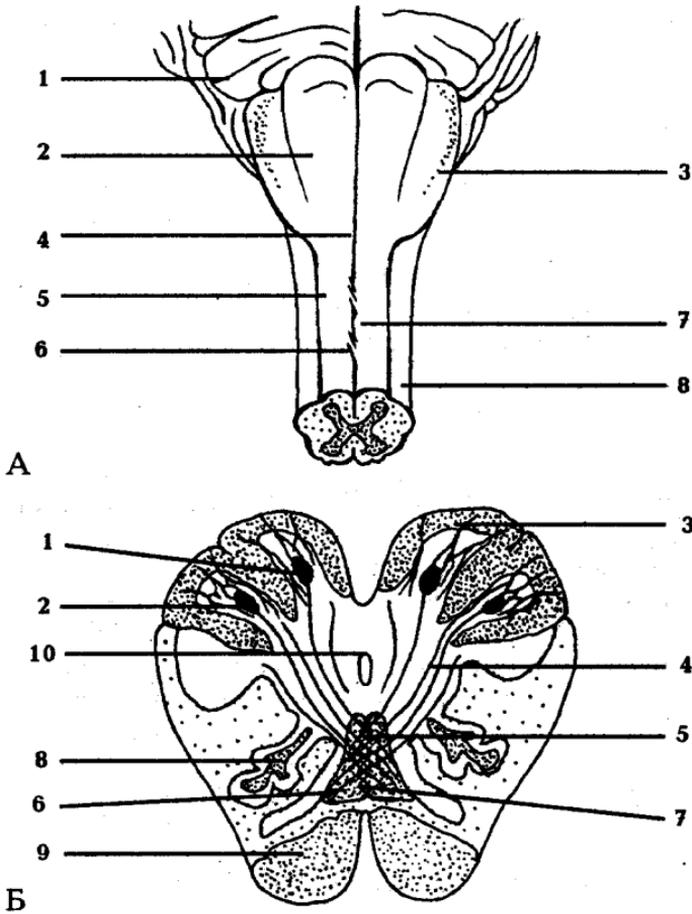


Рис. 22. Продолговатый мозг:

**А** — внешнее строение продолговатого мозга:

1 — мост; 2 — пирамида; 3 — олива; 4 — передняя срединная щель; 5 — передняя боковая борозда; 6 — перекрест переднего канатика; 7 — передний канатик; 8 — боковой канатик.

**Б** — внутреннее строение продолговатого мозга:

1 — тонкое ядро; 2 — клиновидное ядро; 3 — окончание волокон задних канатиков спинного мозга; 4 — внутренние дугообразные волокна — второй нейрон проприоцептивного пути коркового направления; 5 — перекрест петель находится в межolivном петлевом слое; 6 — медиальная петля, продолжение внутренних дугообразных волокон; 7 — шов, образован перекрестом петель; 8 — ядро оливы — промежуточное ядро равновесия; 9 — пирамидные пути; 10 — центральный канал.

Восходящие спинно-мозжечковые тракты проходят через *оливы* продолговатого мозга и через ножки мозга и передают информацию от рецепторов опорно-двигательного аппарата к мозжечку.

*Нежные и клиновидные ядра* продолговатого мозга входят в состав одноименных путей спинного мозга, идущих через зрительные бугры промежуточного мозга до соматосенсорной коры.

Через *улитковые слуховые ядра* и через *вестибулярные ядра* проходят восходящие сенсорные пути от слуховых и вестибулярных рецепторов в проекционную зону височной коры.

Таким образом, продолговатый мозг регулирует деятельность многих жизненно важных функций организма. Поэтому повреждения продолговатого мозга (травма, отек, кровоизлияние, опухоли), как правило, приводят к летальному исходу.

### ■ Варолиев мост

Мост представляет собой толстый валик, который граничит с продолговатым мозгом и ножками мозжечка. Восходящие и нисходящие пути продолговатого мозга проходят через мост не прерываясь. В области соединения моста и продолговатого мозга выходит вестибулокохлеарный нерв (VIII пара). Вестибулокохлеарный нерв является чувствительным и передает информацию от слуховых и вестибулярных рецепторов внутреннего уха. Кроме того, в Варолиевом мосту расположены смешанные нервы, ядра тройничного нерва (V пара), отводящего нерва (VI пара) и лицевого нерва (VII пара). Эти нервы иннервируют мышцы лица, кожу волосистой части головы, язык, боковые прямые мышцы глаза.

На поперечном срезе мост состоит из вентральной и дорсальной части, между ними граница — трапециевидное тело, волокна которого относят к слуховому пути. В области трапециевидного тела есть медиальное парабранхиальное ядро, которое связано с зубчатым ядром мозжечка. Собственное ядро моста осуществляет связь мозжечка с корой головного мозга. В дорсальной части моста лежат ядра ретикулярной

формации и продолжают восходящие и нисходящие пути продолговатого мозга.

Мост выполняет сложные и разнообразные функции, направленные на поддержание позы и сохранение равновесия тела в пространстве при изменении скорости движения.

Очень важными являются вестибулярные рефлексы, рефлекторные дуги которых проходят через мост. Они обеспечивают тонус шейных мышц, возбуждение вегетативных центров, дыхание, частоту сердечных сокращений, деятельность кишечно-желудочного тракта.

Ядра тройничного, языкоглоточного, блуждающего нервов и моста связаны с захватом, пережевыванием и глотанием пищи.

Нейроны ретикулярной формации моста играют особую роль в активации коры больших полушарий и ограничении сенсорного притока нервных импульсов во время сна (рис. 23, 24).

## ■ Мозжечок

Мозжечок представляет собой отдел мозга, расположенный позади полушарий большого мозга над продолговатым мозгом и мостом.

Анатомически в мозжечке выделяют среднюю часть — червь и два полушария. С помощью трех пар ножек (нижних, средних и верхних) мозжечок связан со стволом мозга. Нижние ножки соединяют мозжечок с продолговатым и спинным мозгом, средние — с мостом, а верхние со средним и промежуточным мозгом (рис. 25).

Мозжечок построен по корковому типу — поверхность полушарий представлена серым веществом, составляющим новую кору. Кора образует извилины, которые отделяются друг от друга бороздами. Под корой мозжечка расположено белое вещество, в толще которого выделяют парные ядра мозжечка (рис. 26). К ним относят ядра шатра, шаровидное ядро, пробковидное ядро, зубчатое ядро. Ядра шатра связаны с вестибулярным аппаратом, шаровидное и пробковидные ядра — с движением туловища, зубчатое ядро — с движением конечностей.

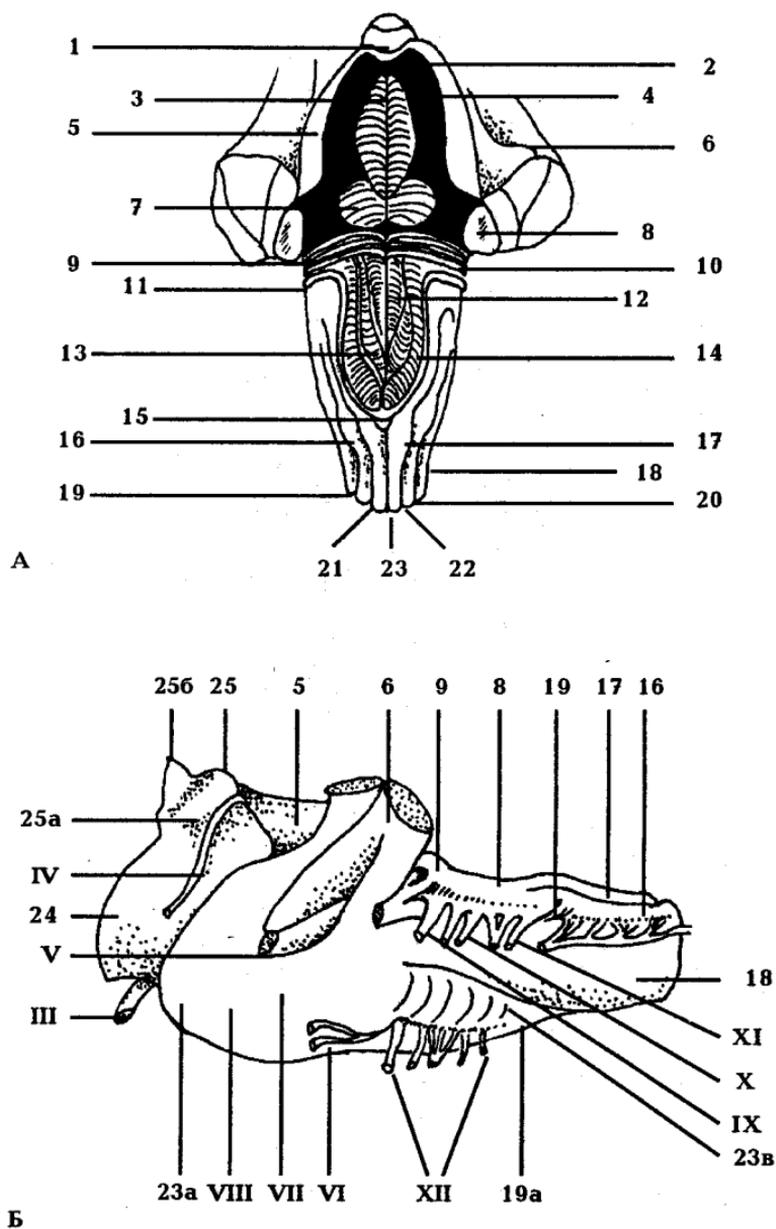
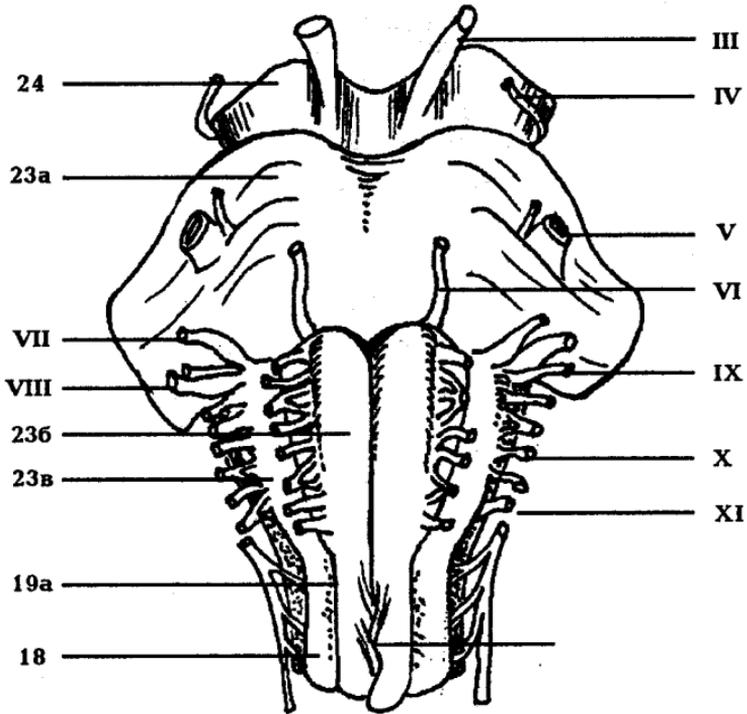


Рис. 23. Продолговатый мозг и мост:

- А — вид сверху (с дорсальной стороны)
- Б — вид сбоку
- В — вид снизу (с вентральной стороны).



В

- 1 — язычок; 2 — передний мозговой парус;  
 3 — срединное возвышение; 4 — верхняя ямка;  
 5 — верхняя ножка мозжечка; 6 — средняя ножка мозжечка;  
 7 — лицевой бугорок; 8 — нижняя ножка мозжечка;  
 9 — слуховой бугорок; 10 — мозговые полосы;  
 11 — лента четвертого желудочка;  
 12 — треугольник подъязычного нерва;  
 13 — треугольник блуждающего нерва; 14 — area postrema;  
 15 — задвижка; 16 — бугорок клиновидного ядра;  
 17 — бугорок нежного ядра; 18 — боковой канатик;  
 19 — задняя боковая борозда; 19а — передняя боковая борозда;  
 20 — клиновидный канатик;  
 21 — задняя промежуточная борозда; 22 — нежный канатик;  
 23 — задняя срединная борозда; 23а — мост (основание);  
 23б — пирамида продолговатого мозга;  
 23в — олива; 23г — перекрест пирамид;  
 24 — ножка мозга; 25 — нижний бугорок;  
 25а — ручка нижнего бугорка;  
 25б — верхний бугорок (римскими цифрами обозначены места выхода корешков черепно-мозговых нервов).

Кора мозжечка однотипна и состоит из трех слоев: молекулярного, ганглиозного и гранулярного, в которых находятся 5 типов клеток: клетки Пуркинье, корзинчатые, звездчатые, гранулярные и клетки Гольджи (рис. 27). В поверхностном молекулярном слое расположены дендритные разветвления клеток Пуркинье, представляющие собой одни из наиболее сложно устроенных нейронов мозга. Дендритные отростки обильно покрыты шипиками, что свидетельствует о большом количестве синапсов. Кроме клеток Пуркинье в этом слое много аксонов параллельных нервных волокон (Т-образно ветвящиеся аксоны гранулярных клеток). В нижней части молекулярного слоя находятся тела корзинчатых клеток, аксоны которых образуют синаптические контакты в области аксопных хол-

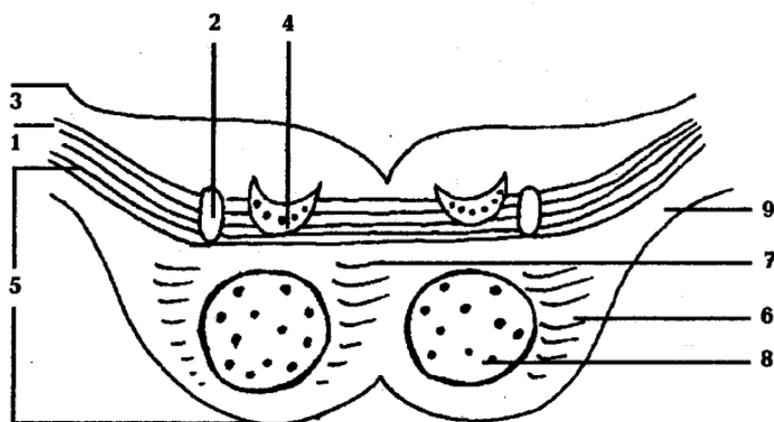


Рис. 24. Схема внутреннего строения моста на фронтальном сечении:

- 1 — трапециевидное тело;
- 2 — ядро верхней оливы;
- 3 — дорсальная часть моста содержит ядро VIII, VII, VI, V пар черепных нервов;
- 4 — медиальная петля;
- 5 — вентральная часть моста содержит собственные ядра и волокна;
- 6 — ядра моста;
- 7 — поперечные ядра моста;
- 8 — пирамидные пути;
- 9 — средняя ножка мозжечка.

миков клеток Пуркинье. В молекулярном слое имеются еще и звездчатые клетки.

Под молекулярным слоем расположен ганглиозный слой, в котором находятся тела клеток Пуркинье.

Третий слой — гранулярный — представлен телами вставочных нейронов (клеток-зерен, или гранулярных клеток). В гранулярном слое имеются еще клетки Гольджи, аксоны которых поднимаются в молекулярный слой.

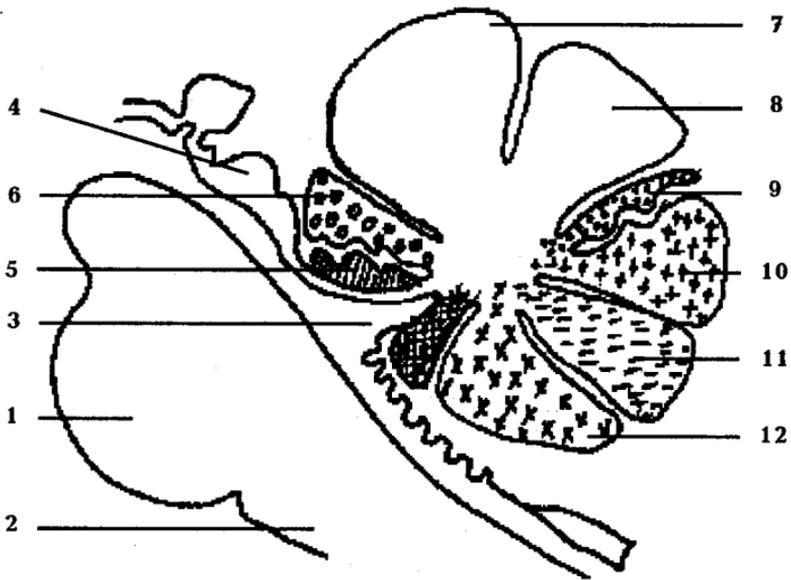
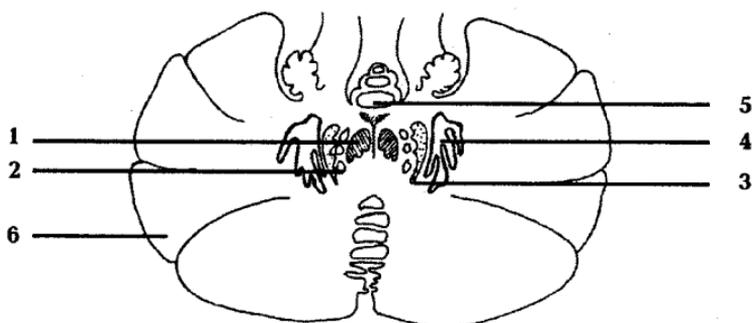


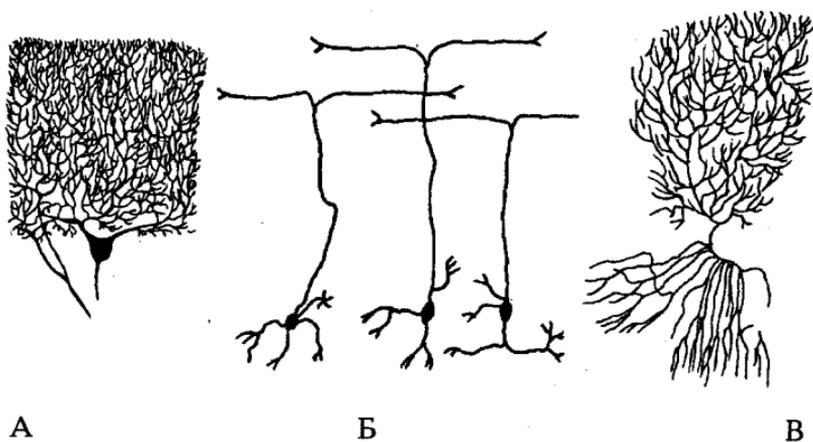
Рис. 25. Средний сагиттальный разрез мозжечка (схематическое изображение):

- 1 — мост;
- 2 — продолговатый мозг;
- 3 — IV желудочек;
- 4 — пластинка четверохолмия;
- 5 — язычок мозжечка;
- 6 — центральная долька;
- 7 — вершина;
- 8 — скат;
- 9 — лист червя;
- 10 — бугор червя;
- 11 — пирамида червя;
- 12 — втулочка червя;
- 13 — узелок.



**Рис. 26.** Ядра мозжечка (разрез мозжечка в горизонтальной плоскости):

- 1 — ядро шатра;
- 2 — шаровидное ядро;
- 3 — пробковидное ядро;
- 4 — зубчатое ядро;
- 5 — червь мозжечка;
- 6 — полушария мозжечка.



**Рис. 27.** Типы нейронов мозжечка:

- А — клетка Пуркинье;
- Б — клетки-зерна;
- В — клетка Гольджи.

В кору мозжечка поступают только два типа афферентных волокон: лиановидные и моховидные, по которым в мозжечок приходят нервные импульсы. Каждое лазающее волокно имеет контакт с одной клеткой Пуркинье. Разветвления моховидных волокон образуют контакты в основном с гранулярными нейронами, но не контактируют с клетками Пуркинье. Синапсы моховидного волокна являются возбуждающими (рис. 28).

Таким образом, в кору мозжечка входят два типа афферентных волокон: лиановидные и моховидные. По этим волокнам передается информация от тактильных рецепторов и рецепторов опорно-двигательного аппарата, а также от всех структур мозга, регулирующих двигательную функцию организма.

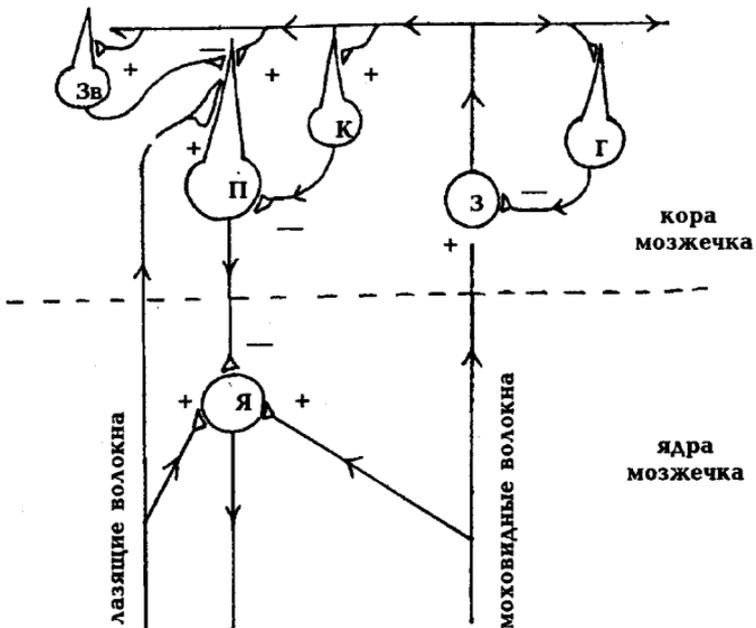


Рис. 28. Нервная цепь мозжечка

К коре и ядрам мозжечка поступают возбуждающие импульсы как по лазающим, так и моховидным волокнам. Из мозжечка же сигналы идут лишь от клеток Пуркинье (П), угнетающих активность нейронов в ядрах мозжечка (Я). К собственным нейронам коры мозжечка относятся возбуждающие клетки-зерна (З) и тормозные корзинчатые нейроны (К); нейроны Гольджи (Г) и звездчатые нейроны (Зв). Стрелками указано направление движения нервных импульсов. Имеются как возбуждающие (+), так и тормозные (-) синапсы.

Эфферентное влияние мозжечка осуществляется через аксоны клеток Пуркинье, которые являются тормозными. Аксоны клеток Пуркинье оказывают свое влияние, действуя либо непосредственно на мотонейроны спинного мозга, либо косвенно через нейроны ядер мозжечка или другие двигательные центры.

У человека в связи с прямохождением и трудовой деятельностью мозжечок и его полушария достигают наибольшего развития и размера.

При повреждении мозжечка наблюдаются нарушения равновесия и мышечного тонуса. Характер нарушений зависит от места повреждений. Так, при поражении ядер шатра нарушается равновесие тела. Это проявляется в шатающейся походке. При повреждении червя, пробкового и шаровидного ядер нарушается работа мышц шеи и туловища. У больного возникают трудности при приеме пищи. При поражении полушарий и зубчатого ядра нарушается работа мышц конечностей (тремор), затрудняется профессиональная деятельность человека.

Кроме того, у всех больных с повреждением мозжечка в связи с нарушением координации движений и тремором (дрожание) быстро возникает утомление.

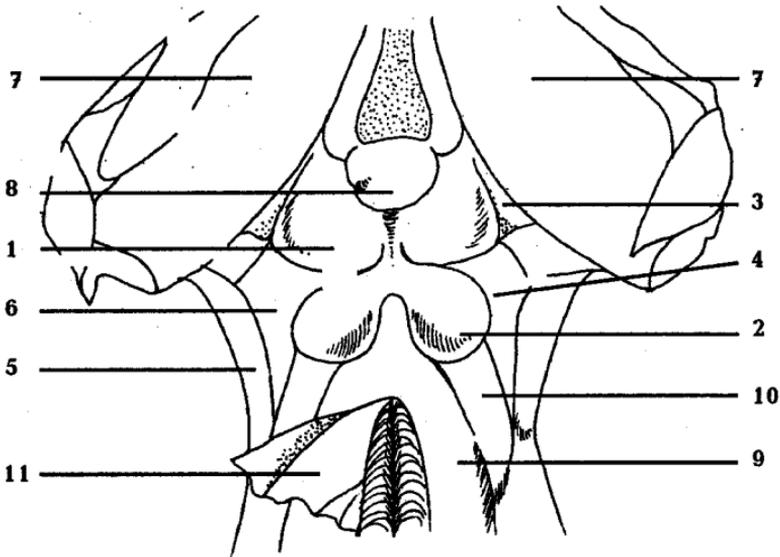
## ■ Средний мозг

Средний мозг, как и продолговатый и Варолиев мост, относится к стволовым структурам (рис. 29).

Средний мозг состоит из двух частей: крыши мозга и ножек мозга. Крыша среднего мозга представлена четверохолмием, в котором выделяют верхние и нижние бугры. В толще ножек мозга выделяют парные скопления ядер, получивших названия черная субстанция и красное ядро.

Через средний мозг проходят восходящие пути к промежуточному мозгу и мозжечку и нисходящие пути — из коры больших полушарий, подкорковых ядер и промежуточного мозга до ядер продолговатого и спинного мозга.

В нижних буграх четверохолмия располагаются нейроны, получающие афферентные сигналы от слуховых рецепторов. Поэтому нижние бугры четверохол-



**Рис. 29.** Крыша среднего мозга  
(дорсальная поверхность фрагмента ствола мозга):

1 — верхний холмик четверохолмия; 2 — нижний холмик четверохолмия; 3 — верхняя ручка четверохолмия; 4 — нижняя ручка четверохолмия; 5 — латеральное коленчатое тело; 6 — медиальное коленчатое тело; 7 — таламус; 8 — эпифиз — шишковидное тело; 9 — верхняя ножка мозжечка; 10 — треугольник петли; 11 — верхний мозговой парус.

мия называют первичным слуховым центром. Через первичный слуховой центр проходит рефлекторная дуга ориентировочного слухового рефлекса, который проявляется в повороте головы в сторону акустического сигнала.

Верхние бугры четверохолмия являются первичным зрительным центром. На нейроны первичного зрительного центра поступают афферентные импульсы от фоторецепторов. Верхние бугры четверохолмия обеспечивают ориентировочный зрительный рефлекс — поворот головы в сторону зрительного стимула.

В осуществлении ориентировочных рефлексов принимают участие ядра блокового и глазодвигательного нервов, которые иннервируют мышцы глазного яблока, обеспечивая его движение.

Красное ядро содержит нейроны разных размеров. От крупных нейронов красного ядра начинается нисходящий рубро-спинальный тракт, который оказывает действие на мотонейроны, тонко регулирует мышечный тонус.

Нейроны черной субстанции содержат пигмент меланин, который придает этому ядру темный цвет. Черная субстанция, в свою очередь, посылает сигналы к нейронам ретикулярных ядер ствола мозга и подкорковым ядрам.

Черная субстанция участвует в сложной координации движений. В ней содержатся дофаминергические нейроны, т.е. выделяющие в качестве медиатора дофамин. Одна часть таких нейронов регулирует эмоциональное поведение, другая — играет важную роль в контроле сложных двигательных актов. Повреждение черной субстанции, приводящее к дегенерации дофаминергических волокон, обуславливает неспособность приступить к выполнению произвольных движений головы и рук, когда больной сидит спокойно (болезнь Паркинсона) (рис. 30).

### ■ Промежуточный мозг

Промежуточный мозг образует стенки III желудочка. Главными структурами его являются зрительные бугры (таламус), подбугорная область (гипоталамус), также надбугорная область (эпиталамус) и забугорная область (метаталамус) (рис. 31).

В глубине мозговой ткани промежуточного мозга расположены ядра наружных и внутренних коленчатых тел. Наружная граница образована белым веществом, отделяющим промежуточный мозг от конечного.

### ■ Таламус (зрительные бугры)

Нейроны таламуса образуют 40 ядер. Топографически ядра таламуса подразделяются на передние, срединные и задние (рис. 32). Функционально эти ядра можно разделить на две группы: специфические и неспецифические.

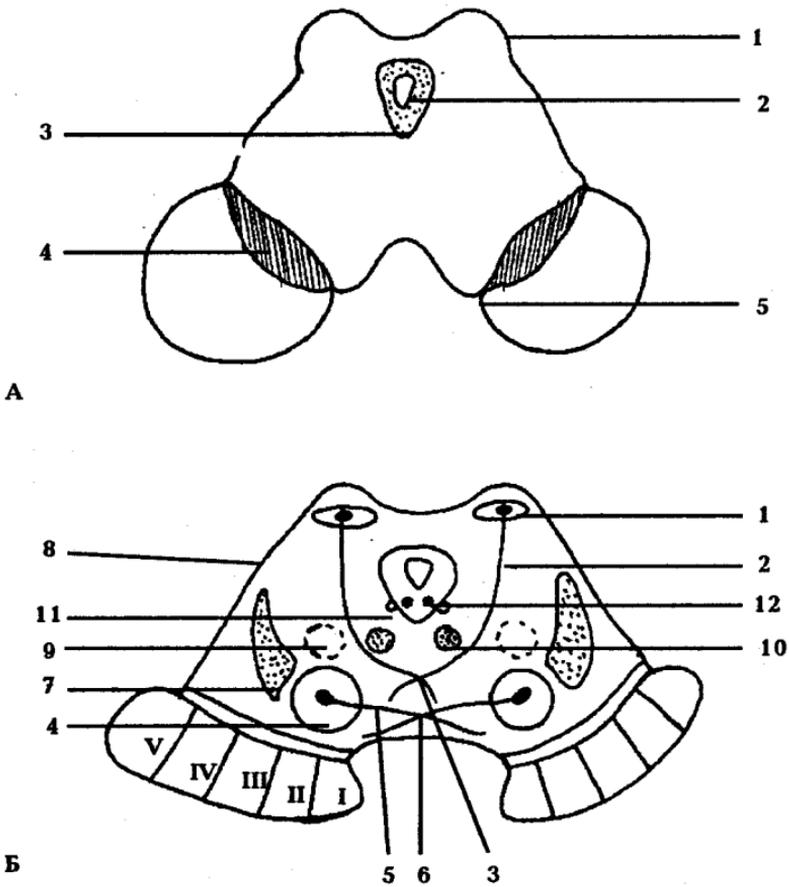


Рис. 30. Схема внутреннего строения среднего мозга:

**А — поперечный разрез среднего мозга:**

1 — холмик; 2 — водопровод большого мозга; 3 — центральное серое вещество; 4 — черная субстанция; 5 — медиальная борозда ножки большого мозга;

**Б — фронтальное сечение на уровне нижних холмиков:**

1 — ядро нижнего холмика; 2 — двигательный путь экстрапирамидной системы; 3 — дорсальный перекрест покрышки; 4 — красное ядро; 5 — красное ядро — спинномозговой путь; 6 — вентральный перекрест покрышки; 7 — медиальная петля; 8 — латеральная петля; 9 — ретикулярная формация; 10 — медиальный продольный пучок; 11 — ядро среднемозгового тракта тройничного нерва; 12 — ядро блокового нерва; I-V — нисходящие двигательные пути ножки мозга.

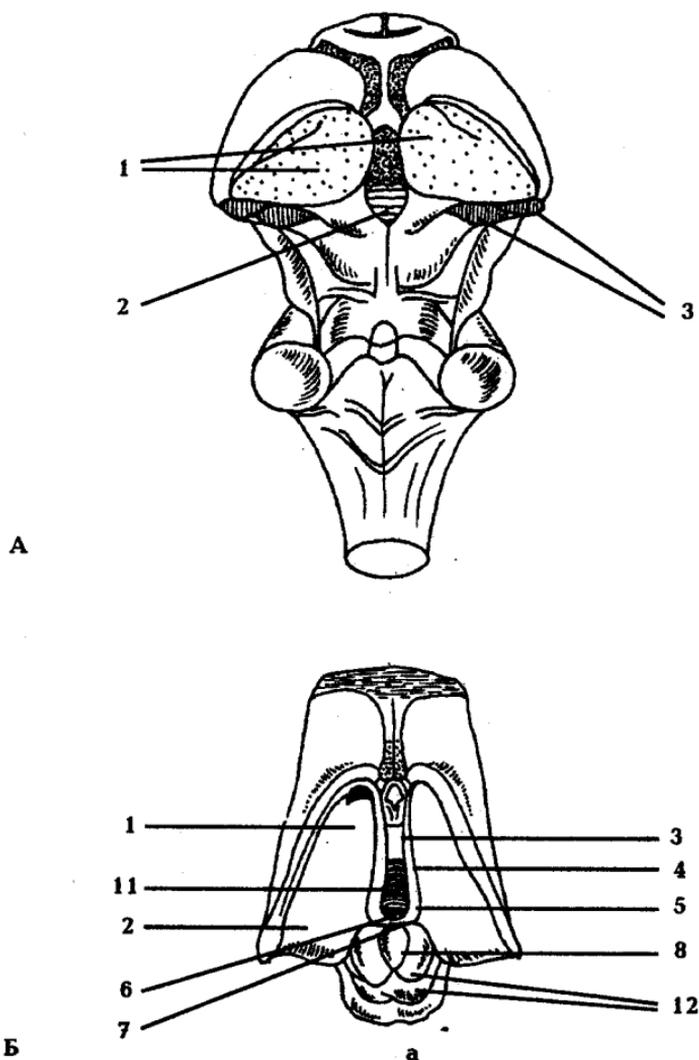
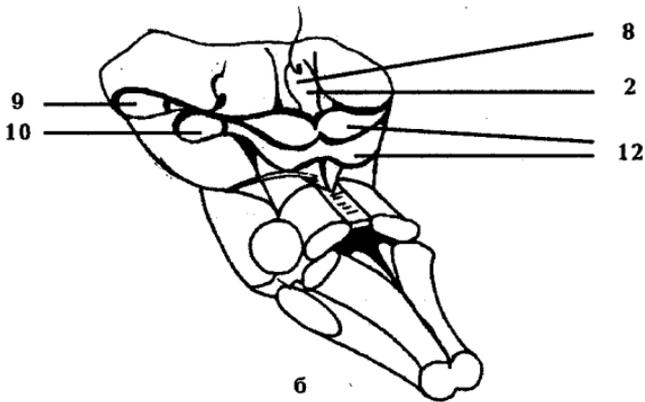


Рис. 31. Промежуточный мозг:

**А — структуры, входящие в промежуточный мозг:**  
 1 — thalamus (зрительный бугор) — подкорковый центр всех видов чувствительности, «чувствилище» мозга;  
 2 — epithalamus (надбугорная область);  
 3 — metathalamus (забугорная область);

**Б — схемы зрительного мозга:**  
 а — вид сверху;  
 б — вид сзади и снизу.



Б

6

Таламус (зрительный бугор):

- 1 — передний бугор зрительного бугра;
- 2 — подушка;
- 3 — межбугорное сращение;
- 4 — мозговая полоска зрительного бугра;

Эпиталамус (надбугорная область):

- 5 — треугольник поводка;
- 6 — поводок;
- 7 — спайка поводка;
- 8 — шишковидное тело (эпифиз);

Метаталамус (забугорная область):

- 9 — латеральное коленчатое тело;
- 10 — медиальное коленчатое тело;
- 11 — III желудочек;
- 12 — крыша среднего мозга

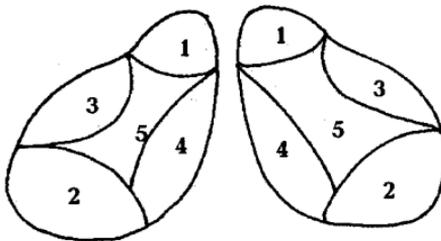


Рис. 32. Схема расположения ядер таламуса:

- 1 — передняя группа (обонятельная);
- 2 — задняя группа (зрительная);
- 3 — латеральная группа (общая чувствительность);
- 4 — медиальная группа (экстрапирамидная система);
- 5 — центральная группа (ретикулярная формация)

Специфические ядра входят в состав специфических проводящих путей. Это восходящие пути, которые передают информацию от рецепторов органов чувств к проекционным зонам коры полушарий большого мозга.

Важнейшими из специфических ядер являются латеральное коленчатое тело, участвующее в передаче сигналов от фоторецепторов, и медиальное коленчатое тело, передающее сигналы от слуховых рецепторов.

Неспецифические ядра таламуса относят к ретикулярной формации. Они выполняют роль интегративных центров и оказывают преимущественно активирующее восходящее влияние на кору полушарий большого мозга.

Активацию нейронов неспецифических ядер таламуса особенно эффективно вызывают болевые сигналы (таламус — высший центр болевой чувствительности).

Повреждения неспецифических ядер таламуса приводят также к нарушению сознания: потери активной связи организма с окружающей средой.

### ■ Подбугорье (гипоталамус)

*Гипоталамус.* Ядра гипоталамуса представляют собой подкорковые центры автономной нервной системы всех жизненно важных функций организма.

Топографически гипоталамус разделяется на преоптическую область, области переднего, среднего и заднего гипоталамуса. Все ядра гипоталамуса парные.

В преоптическую область входят перивентрикулярное, медиальное и латеральное преоптические ядра.

В группу переднего гипоталамуса входят супраоптическое, супрахиазматическое и паравентрикулярное ядра.

Средний гипоталамус составляет вентромедиальное и дорсомедиальное ядра.

В заднем гипоталамусе различают заднее гипоталамическое, перифорникальное и мамиллярное ядра.

Связи гипоталамуса обширны и сложны. Аfferентные сигналы в гипоталамус поступают от коры больших полушарий, подкорковых ядер и от таламуса.

Основные эфферентные пути доходят до среднего мозга, таламуса и подкорковых ядер.

Гипоталамус является высшим центром регуляции сердечно-сосудистой системы, водно-солевого, белкового, жирового, углеводного обменов. В этой области мозга расположены центры, связанные с регуляцией пищевого поведения. Важная роль гипоталамуса — регуляция. Электрическое раздражение задних ядер гипоталамуса приводит к гипертермии в результате повышения обмена веществ.

Гипоталамус принимает также участие в поддержании биоритма «сон — бодрствование».

Ядра переднего гипоталамуса связаны с гипофизом и осуществляют транспорт биологически активных

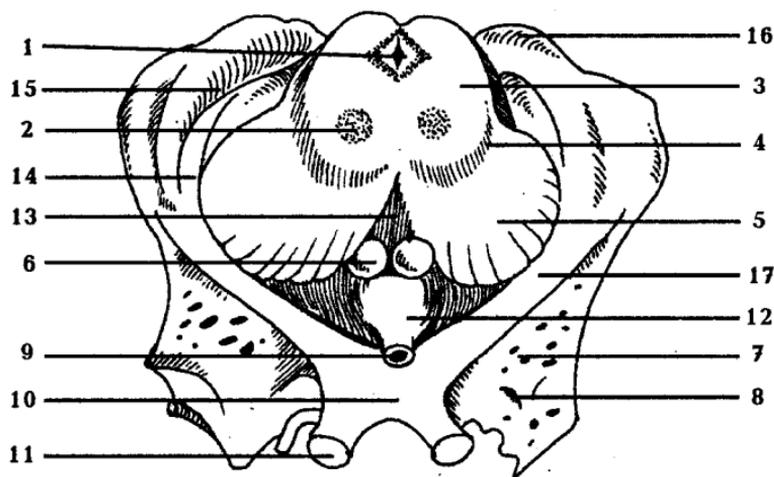


Рис. 33. Метаталамус и гипоталамус:

- 1 — водопровод; 2 — красное ядро;
- 3 — покрывка; 4 — черная субстанция;
- 5 — ножка мозга; 6 — сосцевидные тела;
- 7 — переднее продырявленное вещество;
- 8 — обонятельный треугольник;
- 9 — воронка; 10 — зрительный перекрест;
- 11 — зрительный нерв; 12 — серый бугор;
- 13 — заднее продырявленное вещество;
- 14 — латеральное коленчатое тело;
- 15 — медиальное коленчатое тело;
- 16 — подушка; 17 — зрительный тракт.

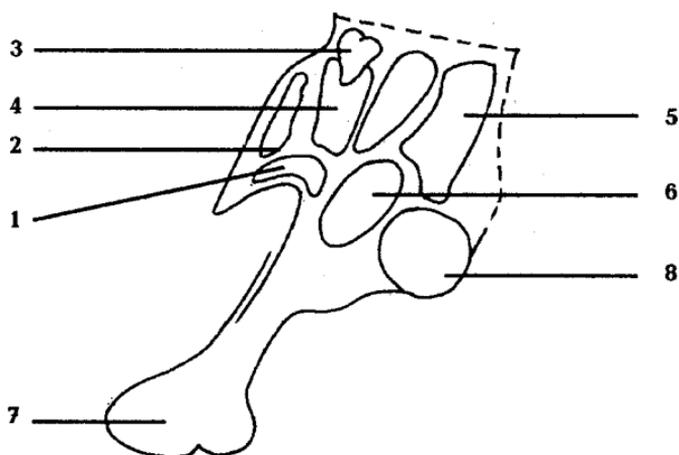


Рис. 34. Главные ядра гипоталамуса:

- 1 — супраоптическое ядро;
- 2 — преоптическое ядро;
- 3 — паравентрикулярное ядро;
- 4 — переднее ядро;
- 5 — заднее ядро;
- 6 — вентромедиальное ядро;
- 7 — гипофиз;
- 8 — сосцевидное тело.

веществ, которые вырабатываются нейронами этих ядер. Нейроны ядер мелиальной гипоталамической зоны вырабатывают рилизинг-факторы (статины и либерины), контролирующие синтез и высвобождение гормонов гипофиза.

Нейроны преоптического, супраоптического, паравентрикулярного ядер вырабатывают истинные гормоны — вазопрессин и окситоцин, которые по аксонам нейронов спускаются в нейрогипофиз, где хранятся до высвобождения — поступления в кровь (рис. 35).

Нейроны передней доли гипофиза вырабатывают 4 вида гормонов: 1) соматотропный гормон, регулирующий рост; 2) гонадотропный гормон, способствующий росту половых клеток, желтого тела, усиливает выработку молока; 3) тиреотропный гормон — стимулирует функцию щитовидной железы; 4) аденокортикотропный гормон — усиливает синтез гормонов надпочечников.

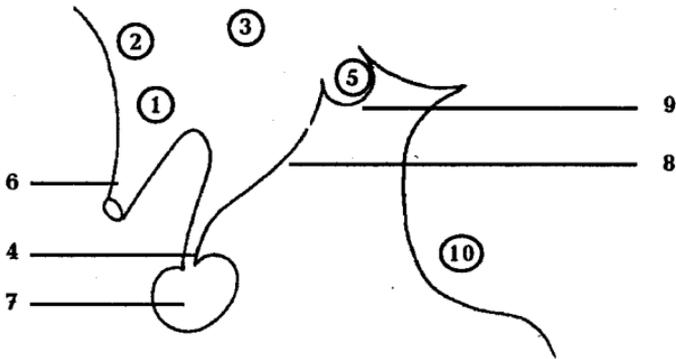


Рис. 35. Схема нейросекреторных ядер подбугорной области (гипоталамуса):

- 1 — супраоптическое ядро; 2 — преоптическое ядро;  
 3 — паравентрикулярное ядро; 4 — ядро воронки;  
 5 — ядро сосцевидного тела; 6 — зрительный перекрест;  
 7 — гипофиз; 8 — серый бугор;  
 9 — сосцевидное тело; 10 — мост.

Промежуточная доля гипофиза выделяет гормон интермедин, влияющий на пигментацию кожи.

Задняя доля гипофиза выделяет два гормона — вазопрессин, влияющий на гладкую мускулатуру артериол, и окситоцин — действует на гладкую мускулатуру матки и стимулирует выделение молока.

Гипоталамус играет также важную роль в эмоциональном и половом поведении.

В состав эпифиза (шишковидная железа) входит гипофиз. Гормон гипофиза — мелатонин — тормозит в гипофизе образование гонадотропных гормонов, а это, в свою очередь, задерживает половое развитие.

## ■ Конечный мозг

Конечный мозг состоит из двух полушарий большого мозга. Полушария покрыты корой, под которой находится белое вещество с подкорковыми ядрами.

В соответствии с филогенезом коры полушарий большого мозга выделяют старую кору (архекортекс),

древнюю кору (палеокортекс) и новую кору (неокортекс). К древней коре относят обонятельные луковицы, в которые поступают афферентные волокна от обонятельного эпителия, обонятельные тракты — расположенные на нижней поверхности лобной доли, и обонятельные бугорки — вторичные обонятельные центры.

Старая кора включает кору поясной извилины, кору гиппокампа и миндалину.

Все остальные области коры являются новой корой. Древнюю и старую кору называют обонятельным мозгом (рис. 36).

Обонятельный мозг, помимо функций, связанных с обонянием, обеспечивает реакции настораживания и внимания, принимает участие в регуляции вегетативных функций организма. Эта система играет также важную роль в осуществлении инстинктивных форм поведения (пищевого, полового, оборонительного) и формировании эмоций.

Раздражение структур старой коры оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему и дыхание, вызывает гиперсексуальность, изменяет эмоциональное поведение.

При электрическом раздражении миндалины наблюдаются эффекты, связанные с деятельностью пищеварительного тракта: облизывание, жевание, глотание, изменение перистальтики кишечника. Раздражение миндалины влияет и на деятельность внутренних органов — почек, мочевого пузыря, матки.

Таким образом, существует связь структур старой коры с вегетативной нервной системой, с процессами, направленными на поддержание гомеостаза внутренних сред организма.

Поверхность полушарий большого мозга складчатая. Борозды-углубления делят ее на доли.

Центральная (роландова) борозда отделяет лобную долю от теменной доли. Боковая (ильевева) борозда отделяет височную долю от теменной и лобной долей. Теменно-затылочная борозда образует границу между теменной и затылочной долями (рис. 37).

Таким образом, борозды разделяют полушария конечного мозга на пять долей: лобную, теменную, височную, затылочную и островковую долю, которая расположена под височной долей (рис. 38).

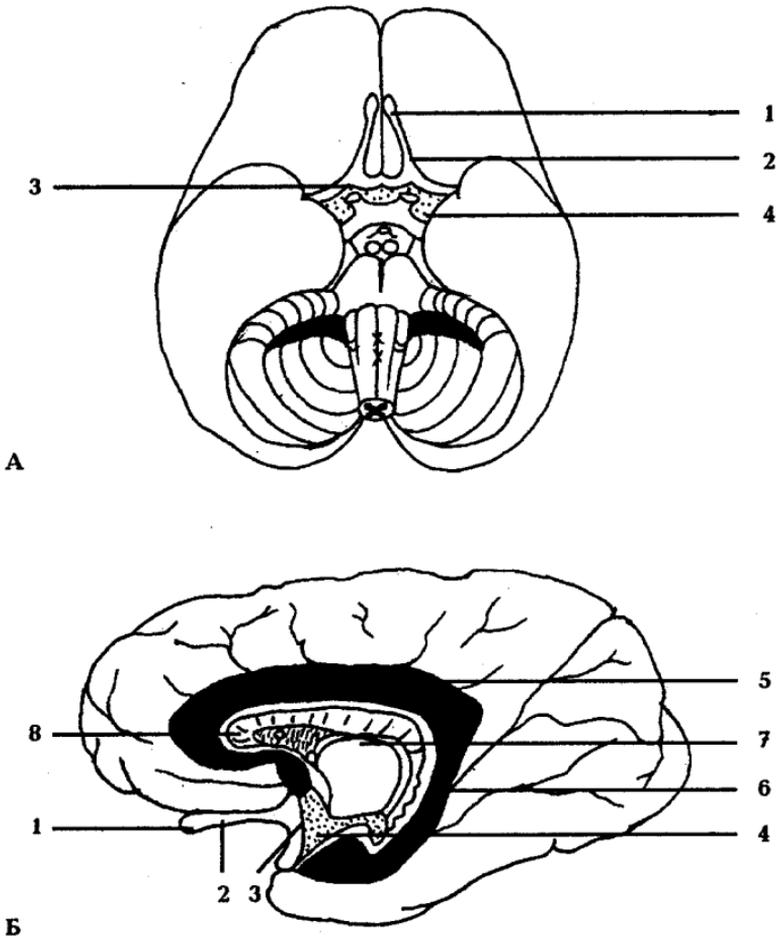


Рис. 36. Обонятельный мозг:

А — вид снизу; Б — на сагиттальном сечении мозга

Периферический отдел:

- 1 — обонятельная луковица;
- 2 — обонятельный тракт;
- 3 — обонятельный треугольник;
- 4 — переднее продырявленное вещество;

Центральный отдел — извилины мозга:

- 5 — поясная извилина;
- 6 — гиппокамп;
- 7 — свод;
- 8 — прозрачная перегородка.

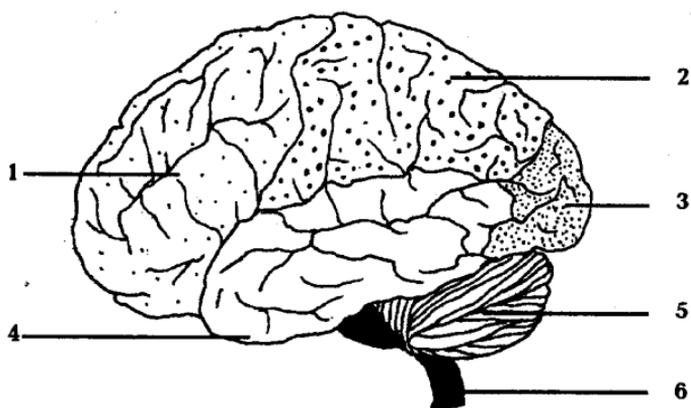


Рис. 37. Доли конечного мозга на латеральной поверхности полушария (схематично):

- 1 — лобная доля;
- 2 — теменная доля;
- 3 — затылочная доля;
- 4 — височная доля;
- 5 — мозжечок;
- 6 — продолговатый мозг.

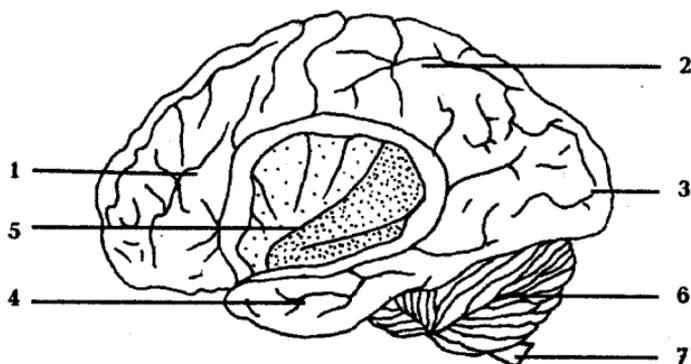


Рис. 38. Островок после удаления части лобной, височной и теменной долей (схематично):

- 1 — лобная доля;
- 2 — теменная доля;
- 3 — затылочная доля;
- 4 — височная доля;
- 5 — островковая доля (островок);
- 6 — мозжечок;
- 7 — продолговатый мозг.

На поверхности каждой доли также расположены борозды.

Различают борозды трех порядков: первичные, вторичные и третичные. Первичные борозды относительно стабильные и наиболее глубокие. Это границы крупных морфологических отделов мозга. Вторичные борозды отходят от первичных, а третичные от вторичных.

Между бороздами имеются складки — извилины, форма которых определяется конфигурацией борозд.

В лобной доле выделяют верхнюю, среднюю и нижнюю лобные извилины. В височной доле имеются верхняя, средняя и нижняя височные извилины. Передняя центральная извилина (предцентральная) расположена перед центральной бороздой. Задняя центральная извилина (постцентральная) находится за центральной бороздой (рис. 39).

У человека наблюдается большая вариабельность борозд и извилин конечного мозга. Несмотря на эту индивидуальную изменчивость внешнего строения полушарий, это не сказывается на структуре личности и сознания.

## ■ Цитоархитектоника и миелоархитектоника новой коры

В соответствии с делением полушарий на пять долей выделяют пять основных областей — лобную, теменную, височную, затылочную и островковую, имеющие различия в строении и выполняющие разные функции. Однако общий план строения новой коры одинаков. Новая кора — это слоистая структура (рис. 40). Первый молекулярный слой образован преимущественно нервными волокнами, идущими параллельно поверхности. Среди параллельных волокон расположено небольшое количество зернистых клеток. Под молекулярным слоем расположен II слой — наружный зернистый, III слой — наружный пирамидный, IV слой — внутренний зернистый, V слой — внутренний пирамидный и VI слой — мультифор-

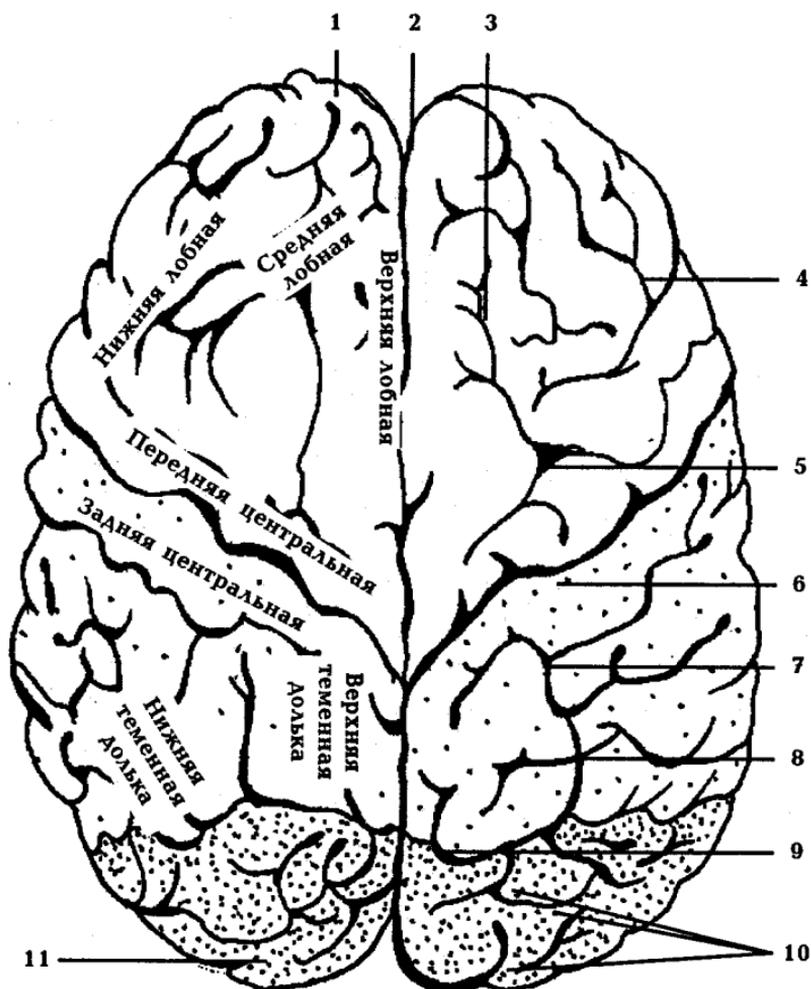


Рис. 39А. Большие полушария  
(на рисунках даны названия извилин,  
а около рисунков — борозд):

А — борозды и извилины на дорсальной поверхности полушарий:

- 1 — лобный полюс; 2 — сагиттальная;
- 3 — верхняя лобная; 4 — нижняя лобная;
- 5 — верхняя переднецентральная;
- 6 — центральная; 7 — задняя центральная;
- 8 — межтеменная; 9 — теменно-затылочная;
- 10 — затылочные; 11 — затылочный полюс.

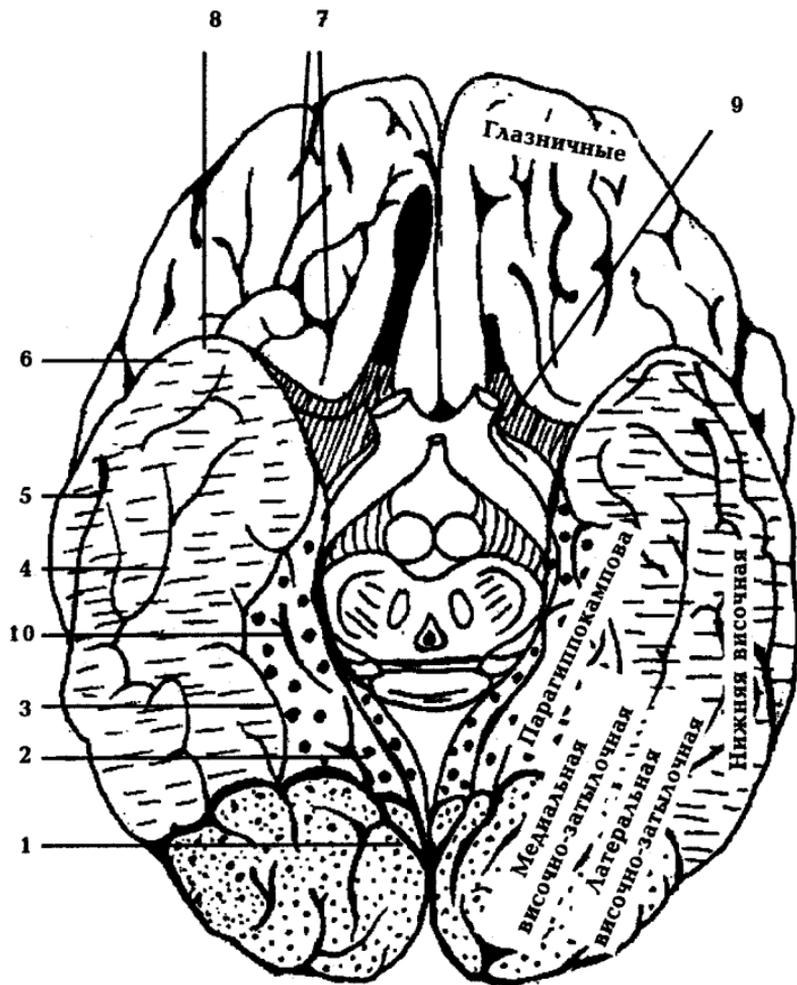


Рис. 39Б. Борозды и извилины на базальной поверхности полушарий:

- 1 — шпорная;
- 2 — гиппокампова;
- 3 — коллатеральная;
- 4 — нижняя височная;
- 5 — средняя височная;
- 6 — боковая;
- 7 — глазничные;
- 8 — височный полюс;
- 9 — переднее продырявленное вещество;
- 10 — крючок.

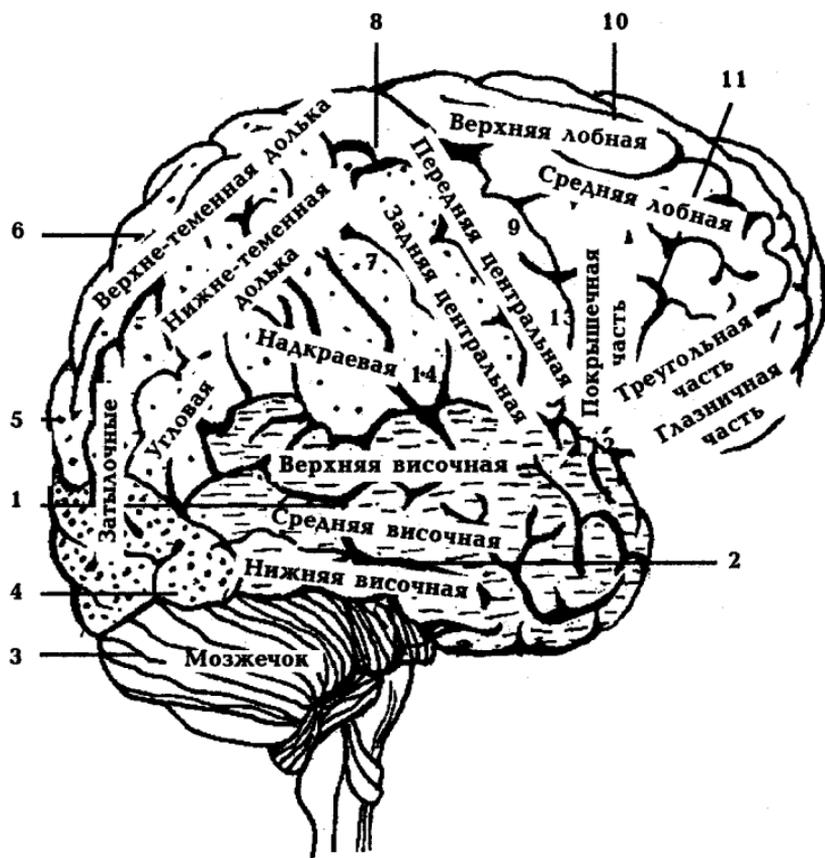


Рис. 39В. Борозды и извилины на латеральной поверхности полушарий:

- 1 — височная верхняя;
- 2 — височная средняя;
- 3 — поперечная;
- 4 — предзатылочная вырезка;
- 5 — теменно-затылочная;
- 6 — межтеменная;
- 7 — задне-центральная;
- 8 — центральная;
- 9 — нижняя переднецентральная;
- 10 — верхняя лобная;
- 11 — нижняя лобная;
- 12 — передняя ветвь боковой борозды;
- 13 — восходящая ветвь боковой борозды;
- 14 — боковая.

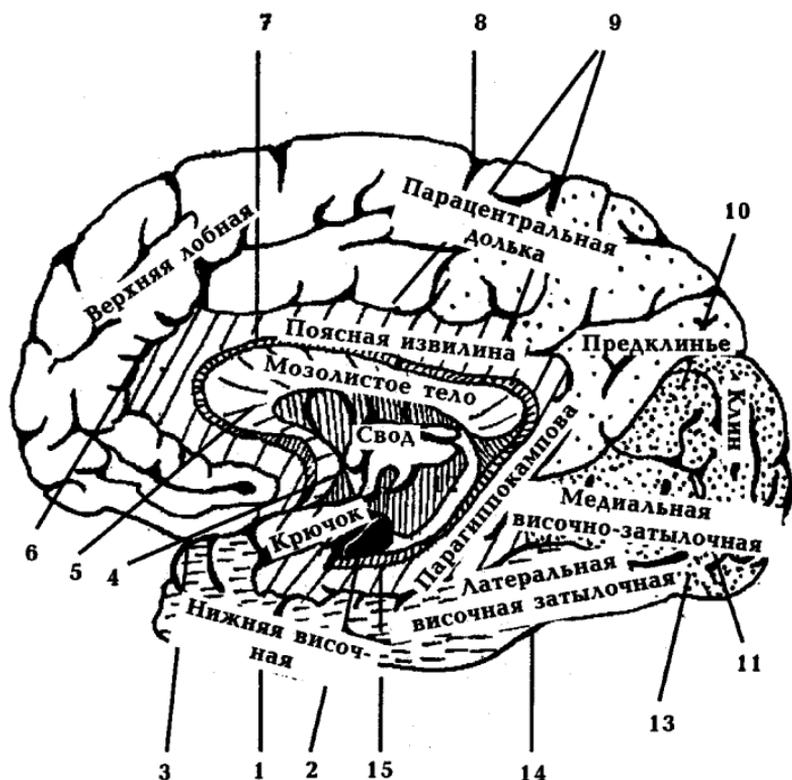


Рис. 39Г. Борозды и извилины на медиальной поверхности полушарий:

- 1 — нижняя височная;
- 2 — связка крючка;
- 3 — боковая;
- 4 — коленчатая извилина;
- 5 — пластинка прозрачной перегородки;
- 6 — серое вещество в борозде мозолистого тела;
- 7 — борозда мозолистого тела;
- 8 — центральная;
- 9 — поясная;
- 10 — теменно-затылочная;
- 11 — шпорная;
- 12 — ствол мозга (отрезан);
- 13 — гиппокампова;
- 14 — коллатеральная;
- 15 — гиппокамп.

мный. Название слоев дано по названию нейронов. Соответственно во II и IV слоях сомы нейронов имеют округлую форму (клетки-зерна) (наружный и внутренний зернистый слой), а в III и IV слоях сомы имеют пирамидную форму (в наружном пирамидном — малые пирамиды, а во внутреннем пирамидном — большие пирамиды, или клетки Беца). Шестой слой характеризуется наличием нейронов разнообразной формы (веретенообразной, треугольной и др.).

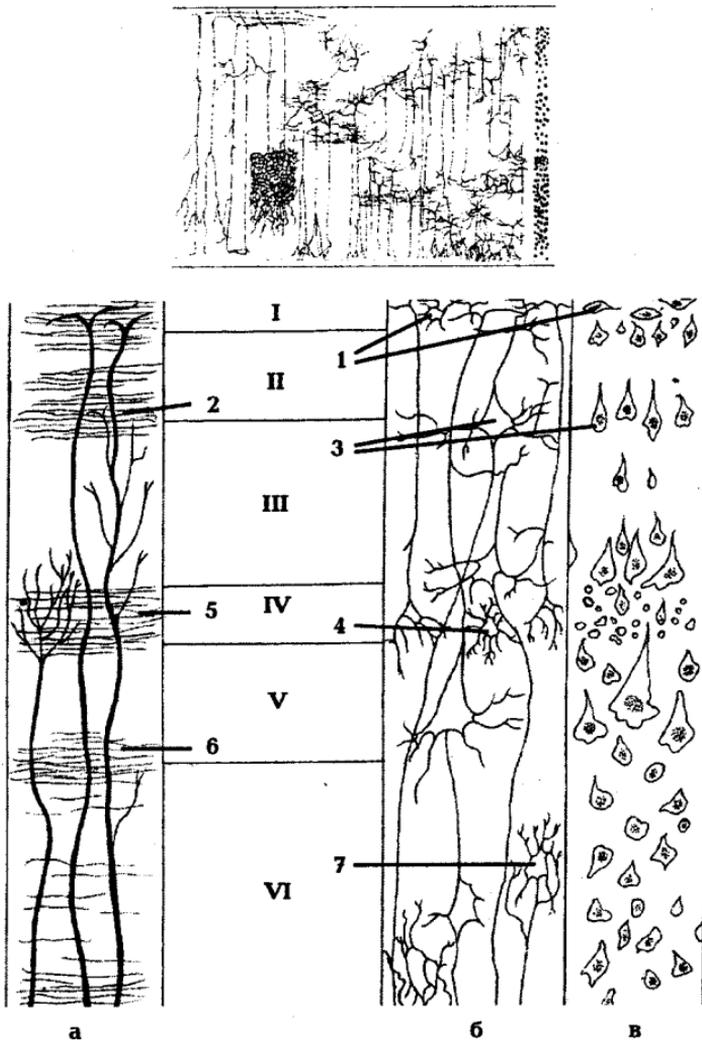
Главные афферентные входы в кору полушарий большого мозга — нервные волокна, идущие из таламуса. Кортиковые нейроны, которые воспринимают афферентные импульсы, идущие по этим волокнам, называют сенсорными, а зона, где расположены сенсорные нейроны, — проекционными зонами коры.

Главные эфферентные выходы из коры — аксоны пирамид V слоя. Это эфферентные, двигательные нейроны, участвующие в регуляции двигательных функций. Большинство нейронов коры — вставочные, участвующие в переработке информации и обеспечивающие межкортикальные связи.

При сохранении общего плана строения было установлено, что разные участки коры (в пределах одной области) отличаются по толщине слоев. В некоторых слоях можно выделить несколько подслоев. Кроме того, имеются различия клеточного состава (разнообразие нейронов, плотность и их расположение). С учетом всех этих различий Бродман выделил 52 участка, которые назвал цитоархитектоническими полями и обозначил арабскими цифрами от 1 до 52.

Каждое цитоархитектоническое поле отличается не только клеточным строением, но и расположением нервных волокон, которые могут идти как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Скопление нервных волокон в пределах цитоархитектонического поля называют миелоархитектоникой.

В настоящее время все большее признание находит «колончатый принцип» организации проекционных зон коры.



**Рис. 40.** Схема коры большого мозга, позволяющая сравнить картины коры при окрашивании нервных волокон, тел и отростков нервных клеток (метод Гольджи) и вещества Ниссля:

а — афферентные волокна; б — типы клеток, выявляемые на препаратах, импрегнированных по методу Гольджи; в — цитоархитектоника, выявляемая при окрашивании по Ниссля: 1 — горизонтальные клетки; 2 — полоска Кеса; 3 — пирамидные клетки, 4 — звездчатые клетки; 5 — наружная полоска Белларже; 6 — внутренняя полоска Белларже; 7 — видоизмененная пирамидная клетка (римскими цифрами обозначены клеточные слои).

Согласно этому принципу каждая проекционная зона состоит из большого количества вертикально ориентированных колонок, диаметром приблизительно в 1 мм. Каждая колонка объединяет около 100 нейронов, среди которых имеются сенсорные, вставочные и эфферентные нейроны, связанные между собой синаптическими связями. Одиночная «корковая колонка» участвует в переработке информации от ограниченного количества рецепторов, т.е. выполняет специфическую функцию.

### Система волокон полушарий

Оба полушария имеют три типа волокон: проекционные, ассоциативные и комиссуральные. По проекционным волокнам возбуждение поступает в кору от рецепторов по специфическим проводящим путям. Ассоциативные волокна связывают между собой различные области одного и того же полушария (рис. 41, А—Б). Например, затылочную область с височной, затылочную — с лобной, лобную — с теменной областью. Комиссуральные волокна связывают симметричные участки обоих полушарий. Среди комиссуральных волокон выделяют: переднюю, заднюю мозговые спайки и мозолистое тело (рис. 41, В).

### Ретикулярная формация

Ретикулярная формация (сетчатое вещество мозга) была описана анатомами в конце прошлого века (рис. 42).

Ретикулярная формация начинается в спинном мозге, где она представлена желатинозной субстанцией основания заднего рога. Основная ее часть находится в центральном стволе мозга и в промежуточном мозге. Она состоит из нейронов различной формы и размеров, которые имеют обширные ветвящиеся отростки, идущие в разных направлениях. Среди отростков выделяют короткие и длинные нервные волокна. Короткие отростки обеспечивают локальные связи, длинные — формируют восходящие и нисходящие пути ретикулярной формации.

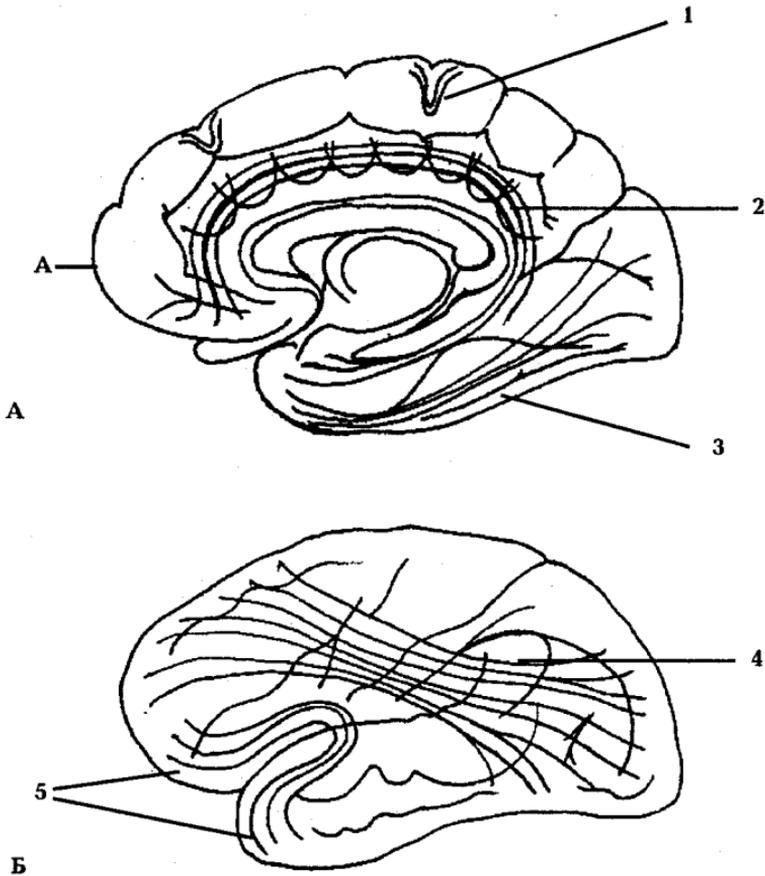


Рис. 41. Схема системы волокон полушарий:

**А — медиальная поверхность полушария; Б — верхнелатеральная поверхность полушария.**

Представлены ассоциативные волокна:

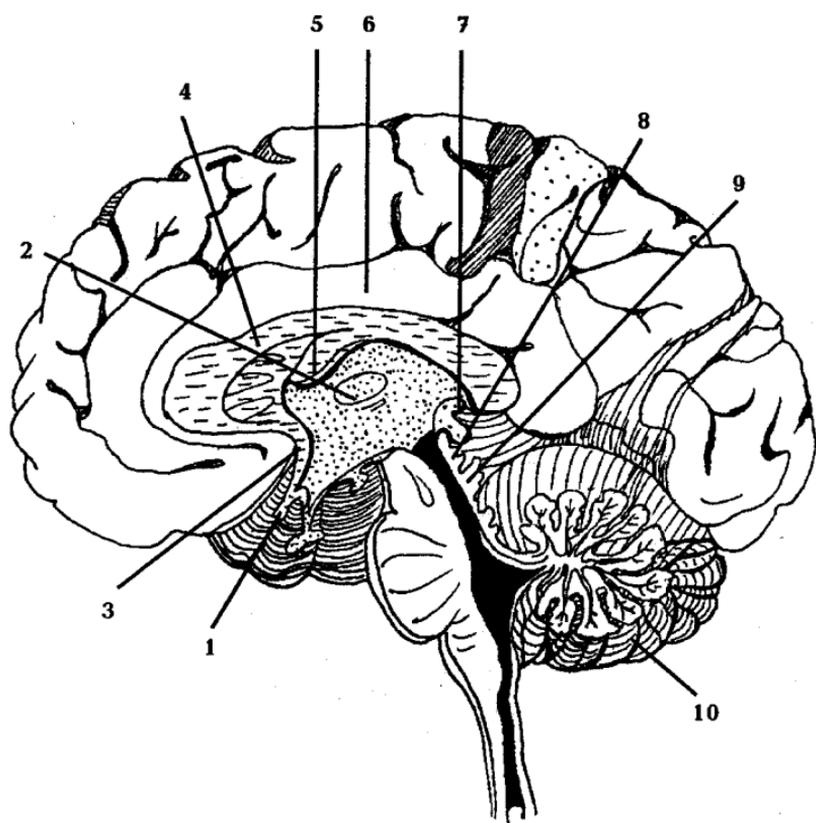
1 — дугообразные волокна большого мозга соединяют между собой соединения извилины;

2 — пояс-пучок обонятельного мозга лежит под сводчатой извилиной, простирается из области обонятельного треугольника до крючка;

3 — нижний продольный пучок связывает затылочную и височную область;

4 — верхний продольный пучок связывает лобную, затылочную, височную доли и нижнетеменную дольку;

5 — крюковидный пучок расположен у переднего края островка и соединяет лобный полюс с височным.



**Рис. 41В.** Схема комиссуральных волокон (мозолистое тело):

- 1 — хиазма (перекрест зрительных нервов);
- 2 — промежуточная масса;
- 3 — передняя комиссура;
- 4 — мозолистое тело;
- 5 — комиссура гиппокампа;
- 6 — поясная извилина;
- 7 — комиссура уздечки;
- 8 — задняя комиссура;
- 9 — комиссуры четверохолмия;
- 10 — мозжечок.

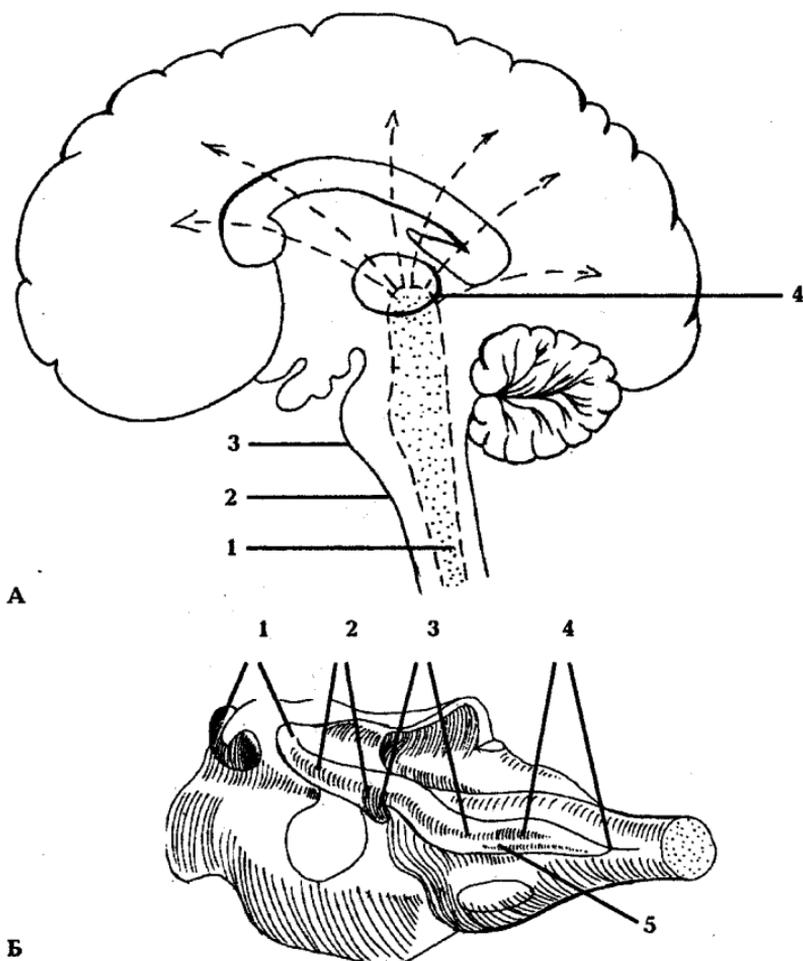


Рис. 42. Ретикулярная формация ствола мозга:

А — положение ретикулярной формации в стволе мозга:

- 1 — ретикулярная формация;
- 2 — продолговатый мозг;
- 3 — мост;
- 4 — неспецифические ядра таламуса;

Б — трехмерный эскиз, иллюстрирующий положение ретикулярной формации в мозговом стволе, (по Кригу; 1942):

- 1 — средний мозг ретикулярное ядро;
- 2 — ядра покрышки;
- 3 — средние ретикулярные ядра;
- 4 — нижние ретикулярные ядра;
- 5 — латеральное ретикулярное ядро.

Скопления нейронов образуют ядра, которые находятся на разных уровнях мозга (спинном, продолговатом, среднем, промежуточном). Большинство ядер ретикулярной формации не имеют четких морфологических границ, и нейроны этих ядер объединяются только по функциональному признаку (дыхательный, сердечно-сосудистый центр и др.). Однако на уровне продолговатого мозга выделяют ядра с четко обозначенными границами — ретикулярное гигантоклеточное, ретикулярное мелкоклеточное и латеральное ядра. Ядра ретикулярной формации моста, по существу, являются продолжением ядер ретикулярной формации продолговатого мозга. Наиболее крупные из них — каудальное, медиальное и оральное ядра. Последнее переходит в клеточную группу ядер ретикулярной формации среднего мозга и ретикулярное ядро покрышки мозга. Клетки ретикулярной формации являются началом как восходящих, так и нисходящих путей, дающих многочисленные коллатерали (окончания), которые образуют синапсы на нейронах разных ядер центральной нервной системы.

Волокна ретикулярных клеток, направляющихся в спинной мозг, образуют ретикулоспинальный тракт. Волокна восходящих трактов, начинающихся в спинном мозге, связывают ретикулярную формацию с мозжечком, средним мозгом, промежуточным мозгом и корой полушарий большого мозга.

Выделяют специфические и неспецифические пути ретикулярной формации. Например, некоторая часть восходящих путей ретикулярной формации получает коллатерали от специфических путей (зрительных, слуховых и т.д.), по которым афферентные импульсы передаются в проекционные зоны коры.

Неспецифические восходящие и нисходящие пути ретикулярной формации влияют на возбудимость различных отделов мозга, в первую очередь коры полушарий большого мозга и спинной мозг. Эти влияния по функциональному значению могут быть как активирующими, так и тормозными, поэтому выделяют: 1) восходящее активирующее влияние, 2) восходящее тормозное влияние, 3) нисходящее активирующее влияние, 4) нисходящее тормозное влияние. На основании этих факторов ретикулярную

формацию рассматривают как регулирующую неспецифическую систему мозга.

Наиболее изучено активирующее влияние ретикулярной формации на кору полушарий большого мозга. Большинство восходящих волокон ретикулярной формации диффузно оканчивается в коре полушарий и поддерживает ее тонус, обеспечивает внимание. Примером тормозных нисходящих влияний ретикулярной формации является снижение тонуса скелетных мышц человека во время определенных стадий сна.

Нейроны ретикулярной формации чрезвычайно чувствительны к гуморальным веществам. Это опосредованный механизм влияния различных гуморальных факторов и эндокринной системы на высшие отделы мозга. Следовательно, тонические воздействия ретикулярной формации зависят от состояния всего организма.

## Подкорковые ядра

Подкорковые ядра входят в состав конечного мозга и расположены внутри белого вещества полушарий большого мозга. К ним относят хвостатое тело и скорлупу, объединяемые под общим названием «полосатое тело» (стриатум), и бледный шар, состоящий из чечевицеобразного тела, шелухи и миндалины. Подкорковые ядра и ядра среднего мозга (красное ядро и черная субстанция) составляют систему базальных ганглиев (ядер) (рис. 43). К базальным ганглиям поступают импульсы от двигательной коры и мозжечка. В свою очередь, сигналы от базальных ганглиев направляются к двигательной коре, мозжечку и ретикулярной формации, т.е. существуют две нейронные петли: одна связывает базальные ганглии с двигательной корой, другая — с мозжечком.

Подкорковые ядра принимают участие в регуляции двигательной активности, регулируя сложные движения при ходьбе, поддержании позы, при еде. Они организуют медленные движения (перешагивание через препятствия, вдевание нитки в иглолку и т.д.).

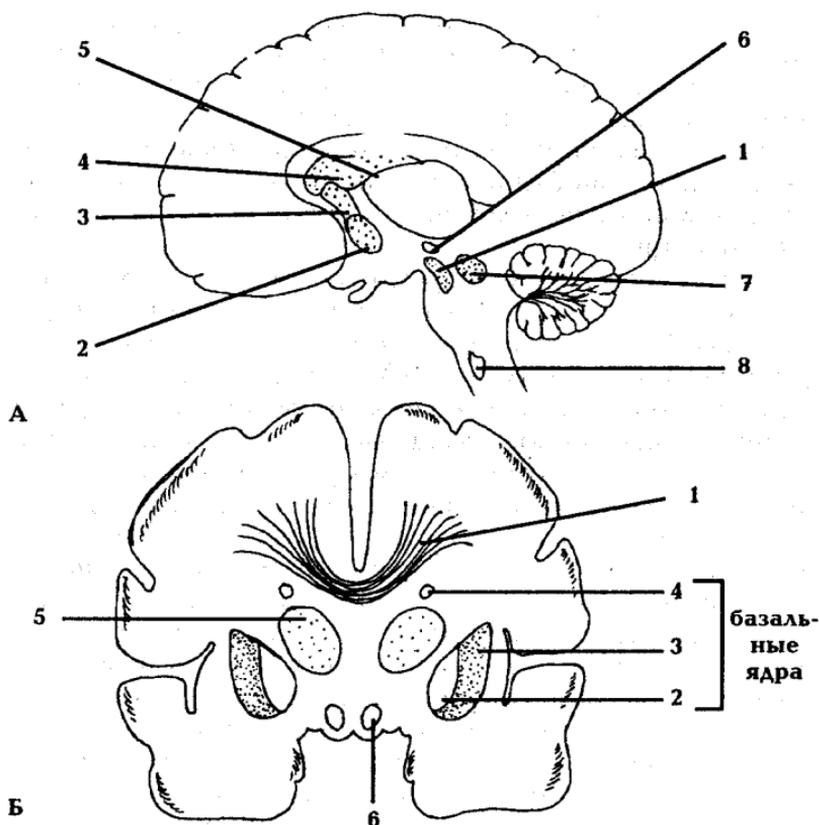


Рис. 43. Система базальных ганглий:

**А — на сагиттальном разрезе:**

- 1 — черная субстанция;
- 2 — бледный шар;
- 3 — скорлупа;
- 4 — хвостатое ядро;
- 5 — таламус;
- 6 — субталамическая область;
- 7 — красное ядро;
- 8 — нижняя олива;

**Б — на фронтальном разрезе:**

- 1 — мозолистое тело;
- 2 — бледный шар;
- 3 — скорлупа;
- 4 — хвостатое ядро;
- 5 — таламус;
- 6 — сосцевидное тело.

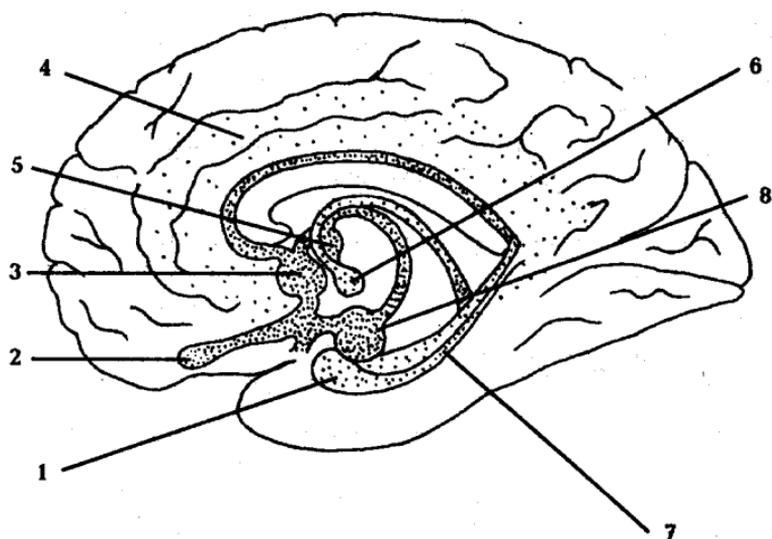
Имеются данные, что полосатое тело участвует в процессах запоминания двигательных программ, так как раздражение этой структуры приводит к нарушению обучения и памяти. Полосатое тело оказывает тормозное влияние на различные проявления двигательной активности и на эмоциональные компоненты двигательного поведения, в частности, на агрессивные реакции.

Основными медиаторами базальных ганглиев являются: дофамин (особенно в черной субстанции) и ацетилхолин. Поражение базальных ганглиев вызывает медленные извивающиеся произвольные движения, на фоне которых возникают резкие сокращения мышц, а также произвольные порывистые движения головы и конечностей — болезнь Паркинсона, основными симптомами которой являются тремор (дрожание) и мышечная ригидность (резкое повышение тонуса мышц-разгибателей). Из-за ригидности больной с трудом может начать движение. Постоянный тремор препятствует выполнению мелких движений. Болезнь Паркинсона возникает при поражении черной субстанции. В норме черная субстанция оказывает тормозное влияние на хвостатое ядро, скорлупу и бледный шар. При ее разрушении тормозные влияния устраняются, в результате чего усиливается возбуждающее действие базальных ганглиев на кору головного мозга и ретикулярную формацию, что вызывает характерные симптомы болезни.

## Лимбическая система

Лимбическая система представлена расположенными на границе отделами новой коры (неокортекса) и промежуточного мозга. Она объединяет комплексы структур разного филогенетического возраста, часть из которых является корковыми, а часть — ядерными (рис. 44).

К корковым структурам лимбической системы относят гиппокампальную, парагиппокампальную и поясную извилины (старая кора). Древняя кора представлена обонятельной луковицей и обонятельными бугорками. Новая кора — часть лобной, островковой и височной коры.



**Рис. 44.** Лимбическая система:

- 1 — грушевидная кора;
- 2 — обонятельная луковица;
- 3 — перегородка;
- 4 — лимбическая кора;
- 5 — передние ядра таламуса;
- 6 — сосцевидное тело гипоталамуса;
- 7 — гиппокамп;
- 8 — миндалина.

Ядерные структуры лимбической системы объединяют миндалину и септальные ядра и передние таламические ядра. Многие анатомы причисляют к лимбической системе преоптическую область гипоталамуса и мамиллярные тела. Структуры лимбической системы образуют двухсторонние связи и связаны с другими отделами головного мозга.

Лимбическая система контролирует эмоциональное поведение и регулирует эндогенные факторы, обеспечивающие мотивации. Положительные эмоции связаны преимущественно с возбуждением адренэргических нейронов, а отрицательные эмоции, такие как страх и тревога — с недостатком возбуждения норадренэргических нейронов.

Лимбическая система участвует в организации ориентировочно-исследовательского поведения. Так, в гиппокампе обнаружены нейроны «новизны», меняющие свою импульсную активность при появлении новых раздражителей. Гиппокамп играет существенную роль в поддержании внутренней среды организма, участвует в процессах обучения и памяти.

Следовательно, лимбическая система организует процессы саморегуляции поведения, эмоции, мотивации и памяти.

## Автономная нервная система

Автономная (вегетативная) нервная система обеспечивает регуляцию внутренних органов, усиливая или ослабляя их деятельность, осуществляет адаптивно-трофическую функцию, регулирует уровень метаболизма (обмен веществ) в органах и тканях.

Автономная нервная система включает отделы как центральной, так и периферической нервной системы. В отличие от соматической в автономной нервной системе эфферентная часть состоит из двух нейронов: преганглионарного и постганглионарного. Преганглионарные нейроны расположены в центральной нервной системе. Постганглионарные нейроны участвуют в образовании автономных ганглиев.

В автономной нервной системе различают симпатический и парасимпатический отделы (рис. 45, 46).

В симпатическом отделе преганглионарные нейроны находятся в боковых рогах спинного мозга. Аксоны этих клеток (преганглионарные волокна) подходят к симпатическим ганглиям нервной системы, расположенным по обе стороны позвоночника в виде симпатической нервной цепочки.

В симпатических ганглиях располагаются постганглионарные нейроны. Их аксоны выходят в составе спинномозговых нервов и образуют синапсы на гладких мышцах внутренних органов, желез, стенок сосудов, кожи и других органов.

В парасимпатической нервной системе преганглионарные нейроны располагаются в ядрах ствола мозга. Аксоны преганглионарных нейронов идут в соста-

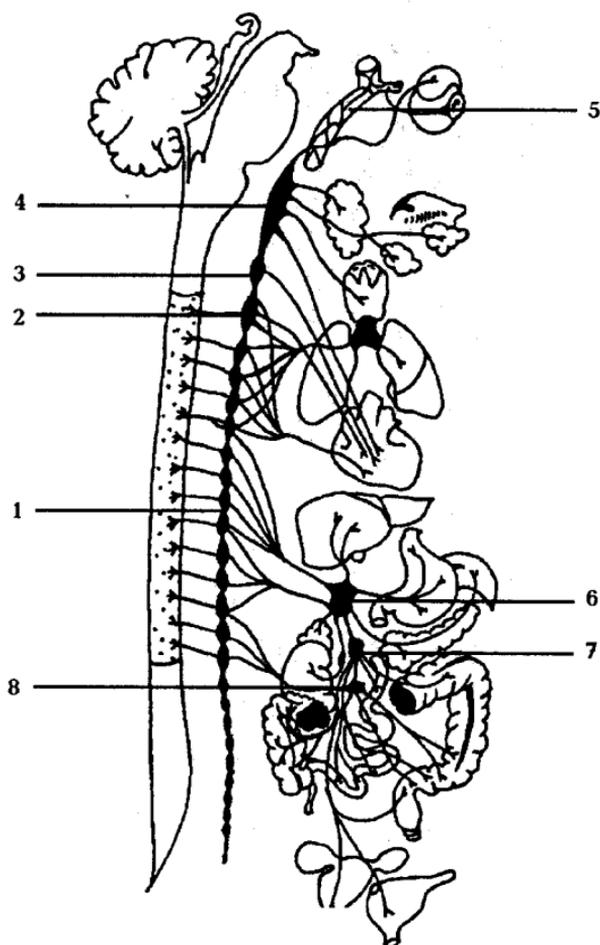


Рис. 45. Симпатическая часть вегетативной нервной системы:

- 1 — симпатический ствол;
- 2 — шейно-грудной (звездчатый) узел;
- 3 — средний шейный узел;
- 4 — верхний шейный узел;
- 5 — внутренняя сонная артерия;
- 6 — чревное сплетение;
- 7 — верхнее брызжеечное сплетение;
- 8 — нижнее брызжеечное сплетение.

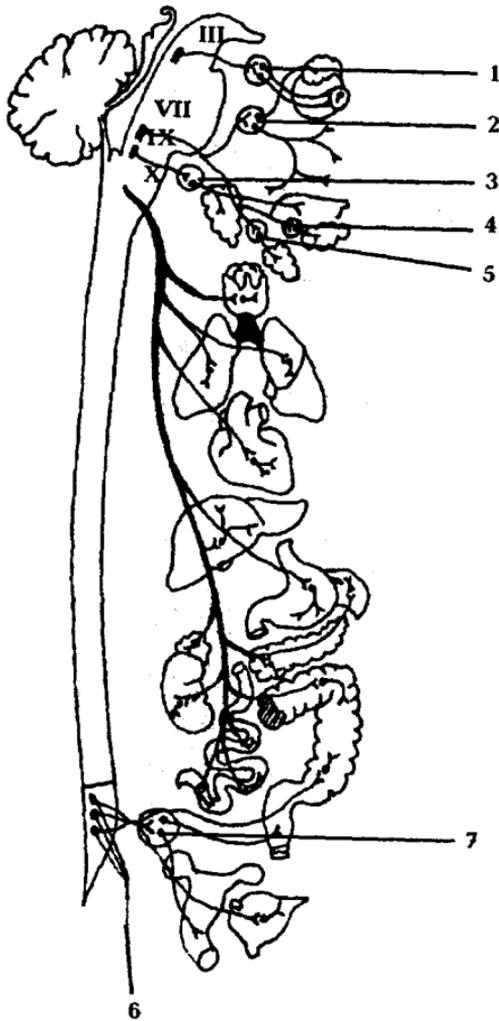


Рис. 46. Парасимпатическая часть вегетативной нервной системы:

III — глазодвигательный нерв; VII — лицевой нерв; IX — языкоглоточный нерв; X — блуждающий нерв;

1 — ресничный узел;

2 — крылонебный узел;

3 — ушной узел;

4 — поднижнечелюстной узел;

5 — подъязычный узел;

6 — парасимпатическое крестцовое ядро;

7 — экстрамуральный тазовый узел.

ве глазодвигательного, лицевого, языкоглоточного и блуждающего нервов. Кроме того, преганглионарные нейроны находятся также в крестцовом отделе спинного мозга. Их аксоны идут к прямой кишке, мочевому пузырю, к стенкам сосудов, снабжающих кровью органы, расположенные в области таза. Преганглионарные волокна образуют синапсы на постганглионарных нейронах парасимпатических ганглиев, расположенных вблизи эффектора или внутри него (в последнем случае парасимпатический ганглий называют интрамуральным).

Все отделы автономной нервной системы подчинены высшим отделам центральной нервной системы.

Отмечен функциональный антагонизм симпатической и парасимпатической нервной системы, что имеет большое приспособительное значение (см. табл. 2).

Таблица 2

**Влияние вегетативных нервов на внутренние органы**

Орган	Действие системы	
	симпатической	парасимпатической
Глаз (зрачок)	расширение	сужение
Легкие (bronхи)	расширение	сужение
Сердце (мышца)	ускорение, увеличение силы сокращения	замедление, уменьшение силы сокращения
Кровеносные сосуды	расширение	—
Желудок (моторика)	торможение	усиление
Кишечник (моторика)	торможение	усиление
Желчные пути	торможение	усиление
Мочевой пузырь	расслабление	сокращение

**РАЗВИТИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

---

Нервная система начинает развиваться на 3-й неделе внутриутробного развития из эктодермы (наружного зародышевого листка).

На дорсальной (спинной) стороне зародыша происходит утолщение эктодермы. Это формируется нервная пластинка. Затем нервная пластинка изгибается вглубь зародыша и образуется нервная бороздка. Края нервной бороздки смыкаются, формируя нервную трубку. Длинная полая нервная трубка, лежащая сначала на поверхности эктодермы, отделяется от нее и погружается внутрь, под эктодерму. Нервная трубка расширяется на переднем конце, из которого позднее формируется головной мозг. Остальная часть нервной трубки преобразуется в спинной мозг (рис. 47).

Из клеток, мигрирующих из боковых стенок нервной трубки, закладываются два нервных гребня — нервные тяжи. В дальнейшем из нервных тяжей образуются спинальные и автономные ганглии и шванновские клетки, которые формируют миелиновые оболочки нервных волокон. Кроме того, клетки нервного гребня участвуют в образовании мягкой и паутинной оболочек мозга. Во внутреннем слое нервной трубки происходит усиленное деление клеток. Эти клетки дифференцируются на два типа: нейробласты (предшественники нейронов) и спонгиобласты (предшественники глиальных клеток). Одновременно с делением клеток головной конец нервной трубки подразделяется на три отдела — первичные мозговые пузыри. Соответственно они называются передний (I пузырь), средний (II пузырь) и задний (III пузырь) мозг. В последующем развитии передний мозг делится на конеч-

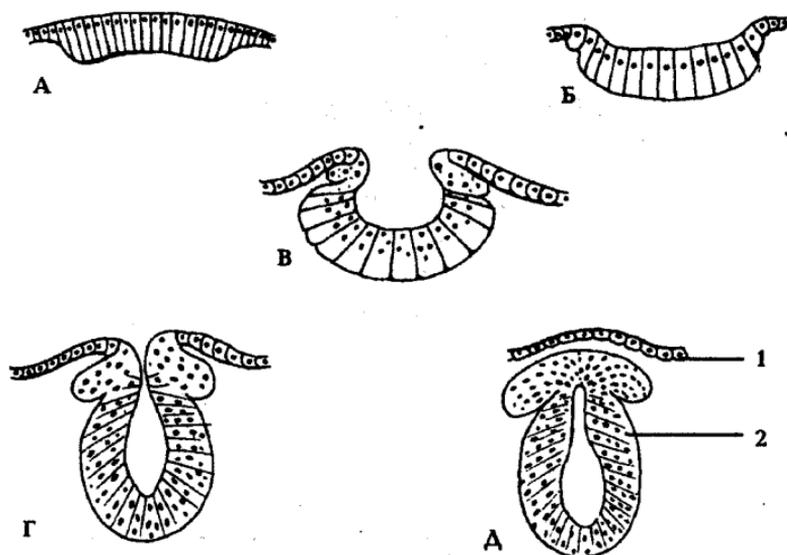


Рис. 47. Стадии эмбриогенеза нервной системы в поперечном схематическом разрезе:

- а — медулярная пластина;
- б, г — медулярная бороздка;
- в, д — мозговая трубка;
- 1 — роговой листок (эпидермис);
- 2 — ганглиозный валик.

ный (большие полушария) и промежуточный мозг. Средний мозг сохраняется как единое целое, а задний мозг делится на два отдела, включающих мозжечок с мостом и продолговатый мозг. Это 5-пузырная стадия развития мозга (рис. 48 — 50).

Образование нервных пузырей сопровождается появлением изгибов, обусловленных разной скоростью созревания частей нервной трубки. К 4-й неделе внутриутробного развития формируются теменной и затылочный изгибы, а в течение 5-й недели — мостовой изгиб. К моменту рождения сохраняется только изгиб мозгового ствола почти под прямым углом в области соединения среднего и промежуточного мозга.

Вначале поверхность больших полушарий гладкая. Первыми на 11 — 12 неделе внутриутробного развития закладывается боковая борозда (Сильвиева), затем центральная (Ролландова) борозда. Довольно быстро

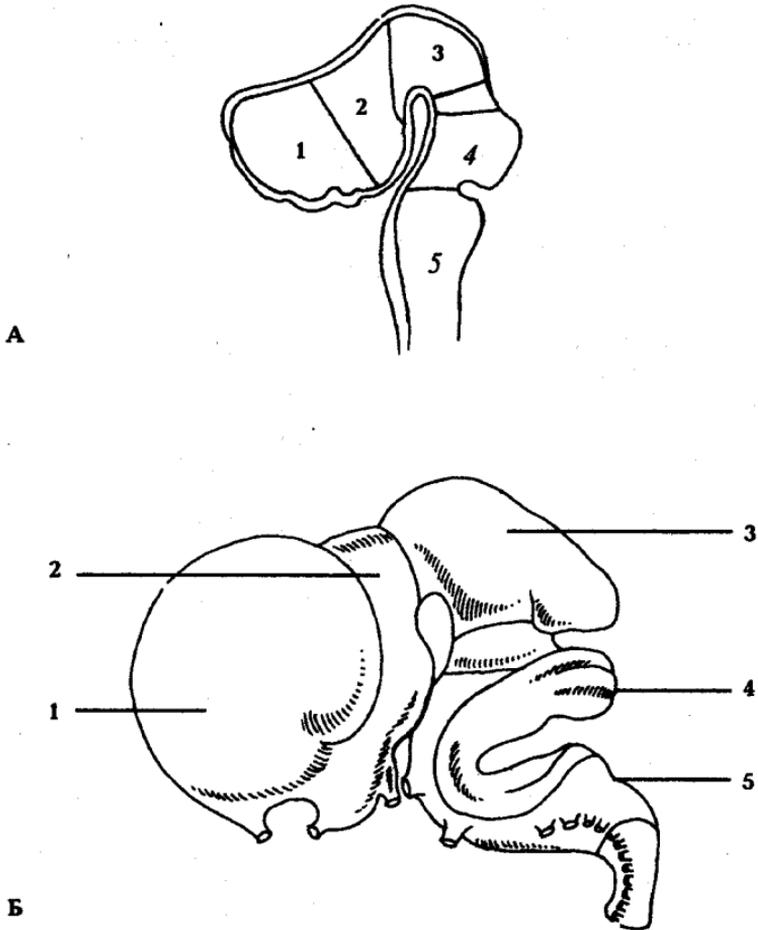


Рис. 48. Развитие головного мозга:

**А — пять мозговых пузырей:**

- 1 — первый пузырь (конечный мозг);
- 2 — второй пузырь (промежуточный мозг);
- 3 — третий пузырь (средний мозг);
- 4 — четвертый пузырь (мост и мозжечок);
- 5 — пятый пузырь (продолговатый мозг);

**Б — развитие головного мозга эмбриона человека (8-я неделя развития) (по Р. Сяньельникову):**

- 1 — конечный мозг;
- 2 — промежуточный мозг;
- 3 — средний мозг;
- 4 — задний мозг;
- 5 — продолговатый мозг.

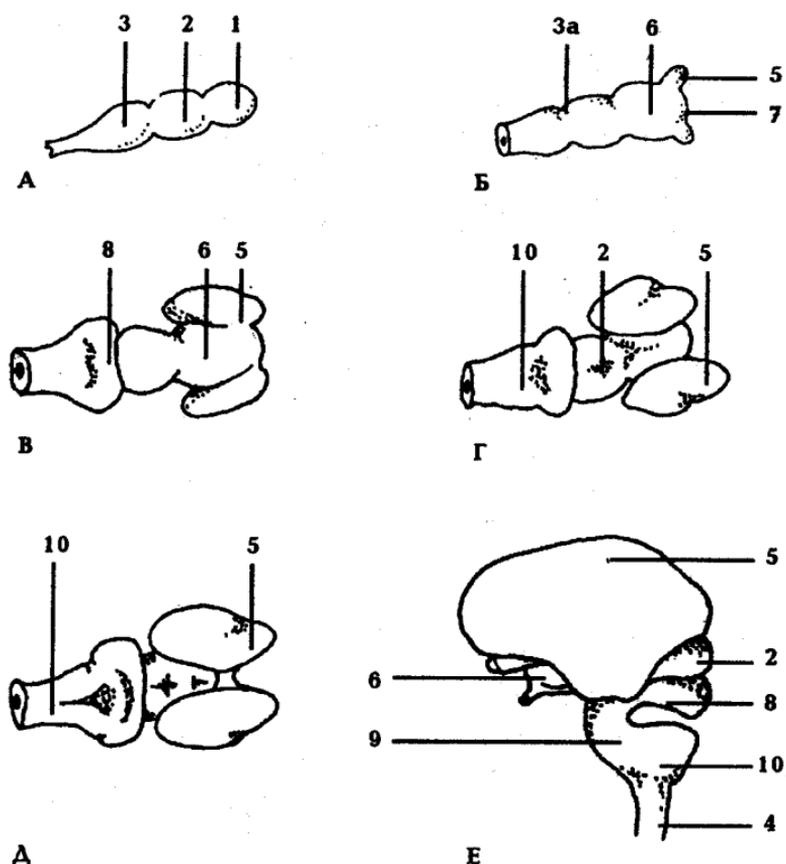


Рис. 49. Развивающийся мозг:

А — формирование первичных пузырей (до 4-й недели эмбрионального развития); Б–Е — формирование вторичных пузырей; Б, В — конец 4-й недели; Г — шестая неделя; Д — 8–9-я недели, завершающиеся формированием основных отделов мозга (Е) — к 14-й неделе;

3а — перешеек ромбовидного мозга; 7 — конечная пластинка

Стадия А: 1, 2, 3 — первичные мозговые пузыри;

1 — передний мозг; 2 — средний мозг; 3 — задний мозг;

Стадия Б: передний мозг делится на полушария и базальные ядра (5) и промежуточный мозг (6);

Стадия В: ромбовидный мозг (3а) подразделяется на задний мозг, включающий в себя мозжечок (8), мост (9) и продолговатый мозг (10);

Стадия Е: образуется спинной мозг (4).

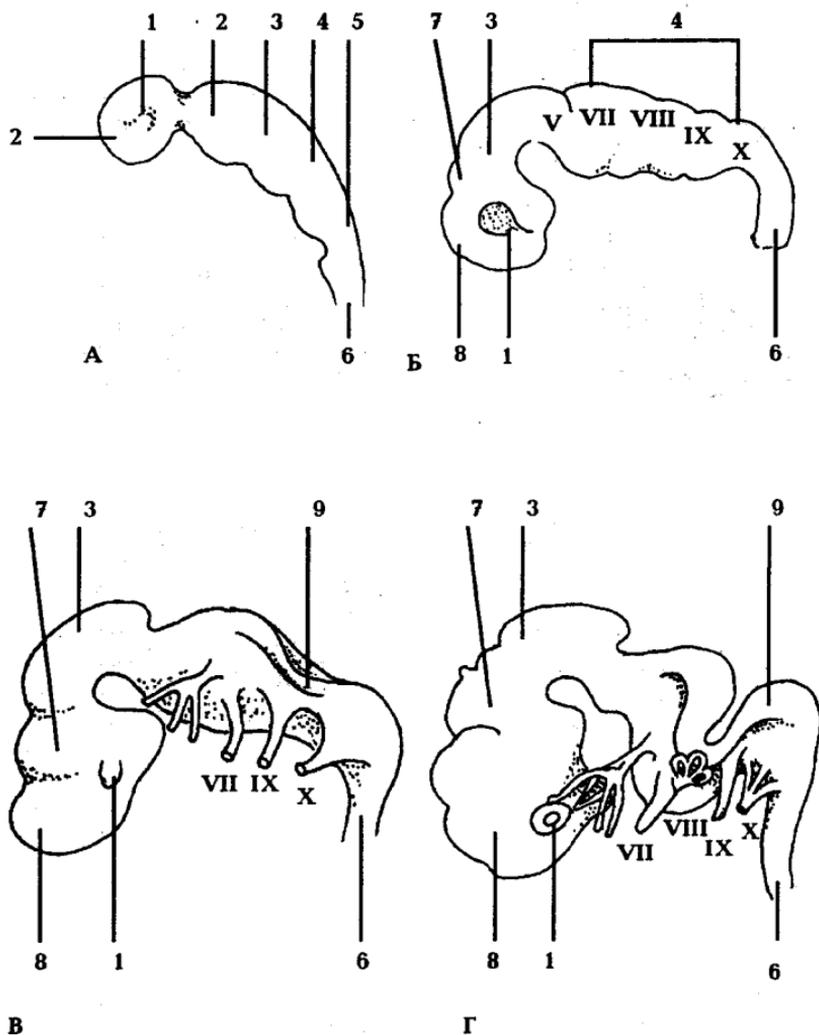


Рис. 50. Развивающийся мозг (с 3-й по 7-ю неделю развития):

вид сбоку, иллюстрирующий изгибы в среднемозговой (А) и шейной (Б) областях мозга, а также в области моста (В);

1 — глазной пузырь; 2 — передний мозг; 3 — средний мозг; 4 — задний мозг; 5 — слуховой пузырек; 6 — спинной мозг; 7 — промежуточный мозг; 8 — конечный мозг; 9 — ромбическая губа.

происходит закладка борозд в пределах долей полушарий, за счет образования борозд и извилин увеличивается площадь коры (рис. 51).

Нейробласты путем миграции образуют скопления — ядра, формирующие серое вещество спинного мозга, а в стволе мозга — некоторые ядра черепно-мозговых нервов.

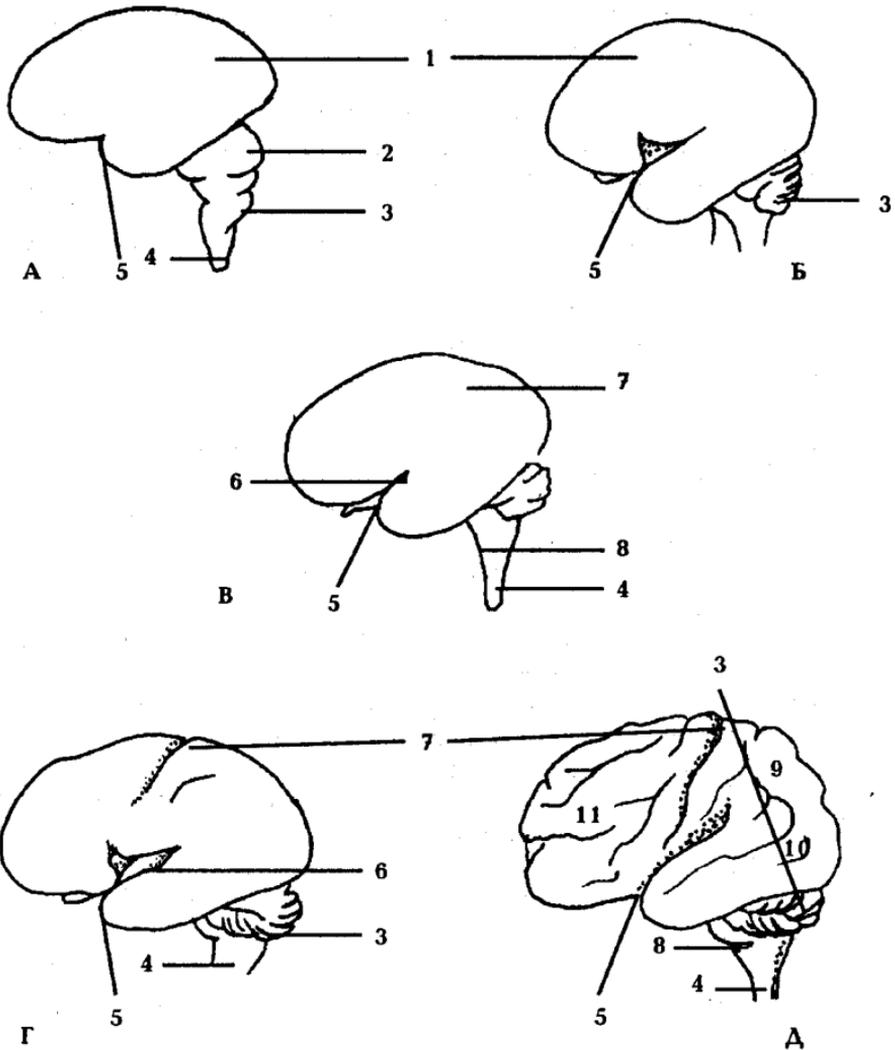
Сомы нейробластов имеют округлую форму. Развитие нейрона проявляется в появлении, росте и ветвлении отростков (рис. 52). На мембране нейрона образуется небольшое короткое выпячивание на месте будущего аксона — конус роста. Аксон вытягивается, и по нему доставляются питательные вещества к конусу роста. В начале развития у нейрона образуется большее число отростков по сравнению с конечным числом отростков зрелого нейрона. Часть отростков втягивается в сому нейрона, а оставшиеся растут в сторону других нейронов, с которыми они образуют синапсы.

В спинном мозге аксоны имеют небольшую длину и формируют межсегментарные связи. Более длинные проекционные волокна формируются позднее. Несколько позже аксона начинается рост дендритов. Все разветвления каждого дендрита образуются из одного ствола. Количество ветвей и длина дендритов не завершаются во внутриутробном периоде.

Увеличение массы мозга в пренатальный период происходит в основном за счет увеличения количества нейронов и количества глиальных клеток.

Развитие коры связано с образованием клеточных слоев (в коре мозжечка — три слоя, а в коре полушарий большого мозга — шесть слоев).

В формировании корковых слоев большую роль играют так называемые глиальные клетки. Эти клетки принимают радиальное положение и образуют два вертикально ориентированных длинных отростка. По отросткам этих радиальных глиальных клеток происходит миграция нейронов. Вначале образуются более поверхностные слои коры. Глиальные клетки принимают также участие в образовании миелиновой оболочки. Иногда одна глиальная клетка участвует в образовании миелиновых оболочек нескольких аксонов.

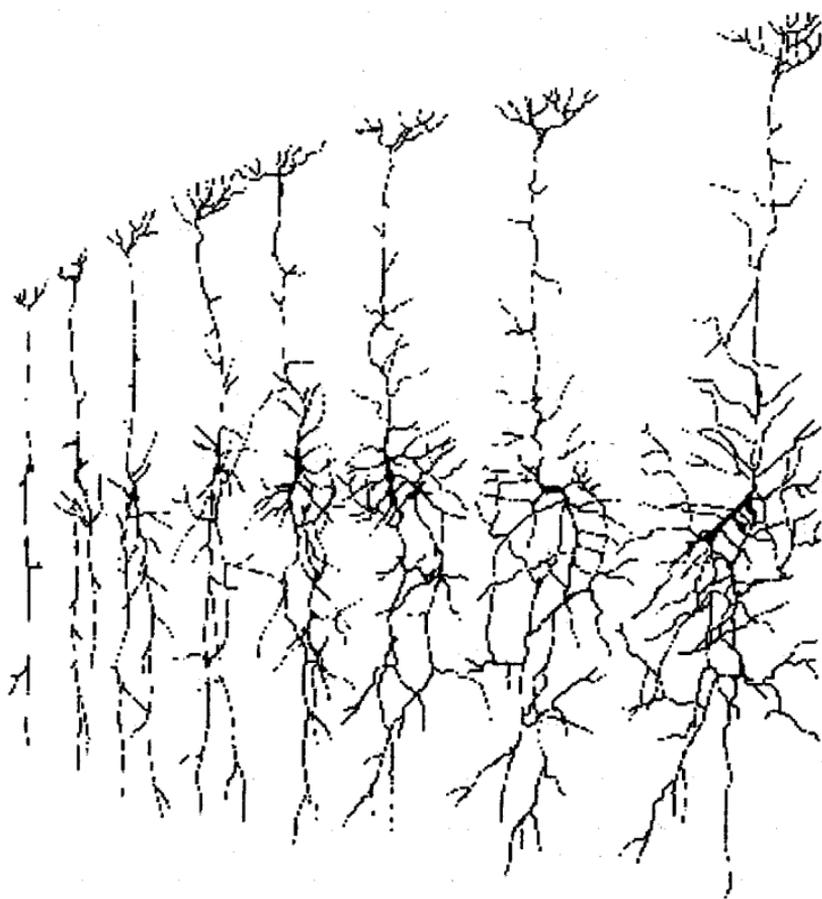


**Рис. 51.** Вид сбоку на развивающиеся полушария головного мозга:

А — 11 неделя, Б — 16—17 недели, В — 24—26 недели, Г — 32—34 недели, Д — новорожденный;

Показано образование боковой щели (5), центральной борозды (7) и других борозд и извилин:

1 — конечный мозг; 2 — средний мозг; 3 — мозжечок; 4 — продолговатый мозг; 5 — боковая борозда; 6 — островок; 7 — центральная борозда; 8 — мост; 9 — борозды теменной области; 10 — борозды затылочной области; 11 — борозды лобной области.



**Рис. 52.** Развитие веретенообразной клетки в онтогенезе человека:

Две последние зарисовки показывают разницу в строении этих клеток у ребенка в возрасте двух лет и взрослого человека.

В таблице 3 отражены основные этапы развития нервной системы зародыша и плода.

Таким образом, развитие головного мозга в пренатальный период происходит непрерывно и параллельно, однако характеризуется гетерохронией: скорость роста и развития филогенетически более древних образований больше, чем филогенетически более молодых образований.

Ведущую роль в росте и развитии нервной системы во внутриутробный период играют генетические факторы. Вес мозга новорожденного в среднем составляет примерно 350 г.

Морфо-функциональное созревание нервной системы продолжается в постнатальный период. Уже к концу первого года жизни вес мозга достигает 1000 г, тогда как у взрослого человека вес мозга составляет в среднем 1400 г.

Таблица 3  
Основные этапы развития нервной системы в пренатальный период

Возраст зародыша, нед.	Развитие нервной системы
25	Намечается нервная бороздка
35	Образуется нервная трубка и нервные тяжи
4	Образуются 3 мозговых пузыря; формируются нервы и ганглии
5	Формируются 5 мозговых пузырей
6	Намечаются мозговые оболочки
7	Полушария мозга достигают большого размера
8	В коре появляются типичные нейроны
10	Формируется внутренняя структура спинного мозга
12	Формируются общие структурные черты головного мозга; начинается дифференцировка клеток нейроглии
16	Различимы доли головного мозга
20—40	Начинается миелинизация спинного мозга (20-я неделя), появляются слои коры (25 недель), формируются борозды и извилины (28—30 недель), начинается миелинизация головного мозга (36—40 недель)

Следовательно, основное прибавление массы мозга приходится на первый год жизни ребенка.

Увеличение массы мозга в постнатальный период происходит в основном за счет увеличения количества глиальных клеток. Количество нейронов не увеличивается, так как они теряют способность делиться уже в пренатальном периоде. Общая плотность нейронов (количество клеток в единице объема) уменьшается за счет роста сомы и отростков. У дендритов увеличивается количество ветвлений.

В постнатальном периоде продолжается также миелинизация нервных волокон как в центральной нервной системе, так и нервных волокон, входящих в состав периферических нервов (черепно-мозговых и спинномозговых).

Рост спинномозговых нервов связан с развитием опорно-двигательного аппарата и формированием нервно-мышечных синапсов, а рост черепно-мозговых нервов с созреванием органов чувств.

Таким образом, если в пренатальном периоде развитие нервной системы происходит под контролем генотипа и практически не зависит от влияния внешней окружающей среды, то в постнатальном периоде все большую роль играют внешние стимулы. Раздражение рецепторов вызывает афферентные потоки импульсов, которые стимулируют морфо-функциональное созревание мозга.

Под влиянием афферентных импульсов на дендритах корковых нейронов образуются шипики — выросты, представляющие собой особые постсинаптические мембраны. Чем больше шипиков, тем больше синапсов и тем большее участие принимает нейрон в обработке информации.

На протяжении всего постнатального онтогенеза вплоть до пубертатного периода, так же как и в пренатальный период, развитие мозга происходит гетерохронно. Так, окончательное созревание спинного мозга происходит раньше, чем головного мозга. Развитие стволовых и подкорковых структур раньше, чем корковых, рост и развитие возбуждательных нейронов обгоняет рост и развитие тормозных нейронов. Это общие биологические закономерности роста и развития нервной системы.

Морфологическое созревание нервной системы коррелирует с особенностями ее функционирования на каждом этапе онтогенеза. Так, более раннее дифференцирование возбудительных нейронов по сравнению с тормозными нейронами обеспечивает преобладание мышечного тонуса сгибателей над тонусом разгибателей. Руки и ноги плода находятся в согнутом положении — это обуславливает позу, обеспечивающую минимальный объем, благодаря чему плод занимает меньшее место в матке.

Совершенствование координации движений, связанных с формированием нервных волокон, происходит на протяжении всего дошкольного и школьного периодов, что проявляется в последовательном освоении позы сидения, стояния, ходьбы, письма и т.д.

Увеличение скорости движений обуславливается в основном процессами миелинизации периферических нервных волокон и увеличения скорости проведения возбуждения нервных импульсов. Более раннее созревание подкорковых структур по сравнению с корковыми, многие из которых входят в состав лимбической структуры, обуславливают особенности эмоционального развития детей (большая интенсивность эмоций, неумение их сдерживать связаны с незрелостью коры и ее слабым тормозным влиянием).

В пожилом и старческом возрасте происходят анатомические и гистологические изменения мозга. Часто происходит атрофия коры лобной и верхней теменной долей. Борозды становятся шире, желудочки мозга увеличиваются, объем белого вещества уменьшается. Происходит утолщение мозговых оболочек.

С возрастом нейроны уменьшаются в размерах, при этом количество ядер в клетках может увеличиться. В нейронах уменьшается также содержание РНК, необходимой для синтеза белков и ферментов. Это ухудшает трофические функции нейронов. Высказывается предположение, что такие нейроны быстрее утомляются.

В старческом возрасте нарушается также кровоснабжение мозга, стенки кровеносных сосудов утолщаются и на них откладываются холестериновые бляшки (атеросклероз). Это ухудшает деятельность нервной системы.

## **ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

---

### **■ Тема 1. Значение и общий план строения нервной системы. Нервная ткань**

---

1. *Каковы функции нервной системы?*  
Ответ: а) восприятие, переработка, хранение информации;  
б) регуляция и координация функций организма;  
в) материальная основа психических процессов (внимания, памяти, эмоций и др.).
2. *Какие отделы мозга составляют центральную нервную систему?*  
Ответ: головной и спинной мозг.
3. *Какие отделы мозга составляют периферическую нервную систему?*  
Ответ: нервы и ганглии.
4. *Какие структуры нервной системы относят к соматической нервной системе?*  
Ответ: отделы центральной и периферической нервной системы, которые регулируют работу скелетных мышц.
5. *Какие структуры нервной системы относят к автономной нервной системе?*  
Ответ: отделы центральной и периферической нервной системы, которые регулируют работу внутренних органов.
6. *Какие отделы выделяют в автономной нервной системе?*  
Ответ: симпатический и парасимпатический отделы.
7. *Имеется ли в нервной ткани межклеточное вещество?*

Ответ: в нервной ткани отсутствует межклеточное вещество.

8. *Какие клетки образуют нервную ткань?*

Ответ: нейроны и глиальные клетки.

9. *Приведите классификацию нейронов по морфологическим признакам (форме сомы).*

Ответ: пирамидные, звездчатые, зернистые, веретенообразные и др.

10. *Приведите классификацию нейронов по количеству отростков.*

Ответ: униполярные, псевдоуниполярные, биполярные, мультиполярные нейроны.

11. *Приведите классификацию нейронов по длине аксона.*

Ответ: короткоаксонные и длинноаксонные нейроны.

12. *Приведите классификацию нейронов по их воздействию на другие клетки.*

Ответ: возбудительные и тормозные нейроны.

13. *В каком направлении распространяется возбуждение по дендритам по отношению к соме?*

Ответ: в направлении сомы.

14. *В каком направлении распространяется возбуждение по аксону по отношению к соме?*

Ответ: в направлении от сомы.

15. *Как называются клетки макроглии?*

Ответ: астроциты и олигодендроциты.

16. *Каковы функции клеток макроглии?*

Ответ: опорная, трофическая, образует оболочки длинных отростков нейронов.

17. *Каковы функции клеток микроглии?*

Ответ: участвуют в фагоцитозе, выполняя защитную функцию.

18. *Каково количественное соотношение нейронов и глиальных клеток?*

Ответ: 1:10.

19. *Какими структурами представлено серое вещество нервной системы?*

Ответ: ядра, кора, ганглии, немиелинизированные нервные волокна.

20. *Какими структурами представлено белое вещество нервной системы?*

Ответ: центральными трактами и периферическими нервами.

## Тема II. Взаимосвязи нейронов

1. *Что такое синапс?*  
Ответ: синапс — это место функционального контакта двух клеток.
2. *Приведите классификацию синапсов в центральной нервной системе.*  
Ответ: аксо-дендритные, аксо-соматические, дендро-дендритные, аксо-аксональное, сомо-соматические.
3. *Приведите функциональную классификацию синапсов.*  
Ответ: возбуждательные и тормозные.
4. *Каково строение синапса?*  
Ответ: пресинаптическое окончание, синаптическая щель, постсинаптическая мембрана.
5. *Что находится в пресинаптическом окончании?*  
Ответ: везикулы.
6. *Что содержат везикулы?*  
Ответ: медиатор.
7. *Что собой представляет медиатор?*  
Ответ: химическое вещество, посредник функционального взаимодействия нейронов.
8. *Что собой представляют рецепторы постсинаптической мембраны?*  
Ответ: белковые молекулы, встроенные в мембрану.
9. *Каково функциональное значение синаптической щели?*  
Ответ: содержит фермент, разрушающий медиатор.
10. *Что такое рефлекс?*  
Ответ: ответная реакция организма на раздражение при участии центральной нервной системы.
11. *Что такое рефлекторная дуга?*  
Ответ: путь, по которому возбуждение распространяется от рецептора до эффектора.
12. *Перечислите части рефлекторной дуги.*  
Ответ: рецептор, афферентный путь, путь в центральной нервной системе, эфферентный путь, эффектор.
13. *Приведите классификацию рефлекторных дуг по количеству синапсов.*  
Ответ: моно-, ди- и полисинаптические дуги.

14. *Может ли рефлекторная дуга проходить только через головной мозг, минуя спинной?*  
 Ответ: да.
15. *С помощью каких структур рефлекторные дуги замыкаются в рефлекторные кольца?*  
 Ответ: с помощью обратных афферентных связей.
16. *Чем образована обратная афферентная связь?*  
 Ответ: рецепторами эффекторов и афферентными нейронами.

### ■ Тема III. Внешнее и внутреннее строение спинного мозга

1. *Где расположен спинной мозг?*  
 Ответ: в позвоночном канале.
2. *Как внешне выглядит спинной мозг?*  
 Ответ: нервный тяж длиной 42—43 см.
3. *Назовите оболочки спинного мозга.*  
 Ответ: твердая, паутинная и мягкая.
4. *Назовите утолщения спинного мозга.*  
 Ответ: шейное и поясничное утолщения.
5. *Каково расположение и закрепление спинного мозга в позвоночном канале?*  
 Ответ: спереди спинной мозг переходит в головной, сзади с помощью концевой нити крепится к копчику.
6. *Что собой представляет концевая нить?*  
 Ответ: продолжение оболочек спинного мозга.
7. *На уровне какого отдела позвоночника заканчивается спинной мозг?*  
 Ответ: на уровне 2-го поясничного позвонка.
8. *Назовите борозды спинного мозга.*  
 Ответ: передняя и задняя срединные борозды.
9. *Сколько сегментов спинного мозга?*  
 Ответ: 31 сегмент.
10. *Какие корешки имеет спинной мозг?*  
 Ответ: вентральные (передние) и дорсальные (задние).
11. *Сколько пар спинномозговых корешков?*  
 Ответ: 31 пара.
12. *Какие рога имеет спинной мозг?*  
 Ответ: передние, задние и боковые рога.

13. В каких сегментах спинного мозга имеются боковые рога?

Ответ: в грудных и поясничных.

14. Боковые рога спинного мозга — это нервные центры соматической или автономной нервной системы?

Ответ: автономной нервной системы.

15. Белое вещество спинного мозга формирует какие столбы?

Ответ: передние, задние и боковые столбы.

16. Чем образованы столбы спинного мозга?

Ответ: длинными волокнами нейронов.

17. Перечислите основные восходящие пути спинного мозга.

Ответ: тонкий и клиновидный пучки, задний и передний спинномозжечковые пути, спинноталамические пути.

18. Назовите основные нисходящие пути спинного мозга.

Ответ: передний и боковой пирамидные, вестибуло-спинальный, ретикулоспинальный, руброспинальный.

#### Тема IV. Внешнее и внутреннее строение продолговатого заднего и среднего мозга

1. Какие структуры относятся к стволу мозга?

Ответ: продолговатый и средний мозг.

2. Какие структуры мозга относят к надсегментарным?

Ответ: полушария большого мозга и мозжечок.

3. Назовите серое вещество.

Ответ: кора мозжечка и мозжечковые ядра.

4. Назовите парные ядра мозжечка.

Ответ: шаровидное, пробковидное, зубчатое, ядро покрышки (шатра).

5. Сколько слоев насчитывает кора мозжечка?

Ответ: три.

6. Что характерно для цитоархитектоники коры мозжечка?

Ответ: клеточное единообразие.

7. Какие клетки входят в состав коры мозжечка?

Ответ: зернистые, клетки Пуркиньи, корзинчатые, звездчатые и клетки Гольджи.

8. *Какие нейроны коры мозжечка являются эфферентными?*  
 Ответ: клетки Пуркинье.
9. *Какова роль мозжечка?*  
 Ответ: мозжечок участвует в координации движений.
10. *С какими нервными центрами связан мозжечок?*  
 Ответ: со всеми двигательными центрами.
11. *Какова основная роль продолговатого мозга?*  
 Ответ: в продолговатом мозге расположены жизненно важные нервные центры (дыхания, сердечно-сосудистый, пищеварения).
12. *Какова основная роль среднего мозга?*  
 Ответ: регуляция мышечного тонуса, организация ориентировочных рефлексов.
13. *Сколько черепно-мозговых нервов отходит от ствола мозга?*  
 Ответ: 12 пар.
14. *Какие отделы включает средний мозг?*  
 Ответ: ножки мозга и четверохолмие.
15. *Какие ядра расположены в толще ножек мозга?*  
 Ответ: красное ядро и черная субстанция.

## **Тема V. Промежуточный мозг Гипоталамо-гипофизарная система**

1. *Назовите основные отделы промежуточного мозга.*  
 Ответ: зрительные бугры (таламус), подбугорная область (гипоталамус), надбугорная область, забугорная область.
2. *Какие ядра содержит промежуточный мозг?*  
 Ответ: специфические и неспецифические.
3. *Какова роль специфических ядер?*  
 Ответ: участвуют в передаче информации от рецепторов в кору полушарий большого мозга.
4. *Какова роль неспецифических ядер?*  
 Ответ: регулируют возбудимость отделов мозга.
5. *Какова роль гипоталамуса?*  
 Ответ: в гипоталамусе расположены центры автономной нервной системы, системы терморегуляции, мотиваций и эмоций. Некоторые нейроны гипоталамуса обладают нейросекреторной функцией.

6. *Какие гормоны синтезируются в нейронах гипоталамуса?*  
Ответ: окситоцин, вазопрессин.
7. *Какова роль гормонов?*  
Ответ: регуляция деятельности желез внутренней секреции.
8. *Какие гормоны синтезируются передней долей гипофиза?*  
Ответ: гонадотропные, тиреотропный, адренокортико-тропный, соматотропный.
9. *Назовите гонадотропные гормоны.*  
Ответ: лютеинизирующий, фолликулостимулирующий.
10. *Какое влияние оказывают гонадотропные гормоны на гаметогенез?*  
Ответ: стимулирующее.
11. *Какой гормон регулирует деятельность щитовидной железы?*  
Ответ: тиреотропный.
12. *Какова роль адренокортикотропного гормона?*  
Ответ: регулирует деятельность надпочечников.

## **Тема VI. Рост и развитие нервной системы**

1. *Из какого зародышевого листка образуется нервная система?*  
Ответ: из эктодермы.
2. *Назовите основные стадии развития нервной системы.*  
Ответ: нервная пластинка, нервная бороздка, нервная трубка, 3-пузырная стадия, 5-пузырная стадия.
3. *Из 5-го пузыря какой отдел нервной системы образуется?*  
Ответ: продолговатый мозг.
4. *Какие отделы головного мозга образуются из 4-го пузыря?*  
Ответ: мозжечок и Варолиев мост.
5. *Какой отдел головного мозга образуется из 3-го пузыря?*  
Ответ: средний мозг.
6. *Какой отдел головного мозга образуется из 2-го пузыря?*  
Ответ: промежуточный мозг.

7. Какой отдел головного мозга образуется из 1-го пузыря?  
Ответ: конечный мозг.
8. Какие борозды закладываются первыми в пренатальный период?  
Ответ: боковая и центральная.
9. В чем проявляется гетерохронное развитие нервной системы?  
Ответ: вначале развиваются филогенетически более древние структуры.
10. Какую роль играют глиальные клетки в пренатальном периоде?  
Ответ: обеспечивают миграцию нейронов и участвуют в образовании миелиновых оболочек.
11. Когда заканчивается деление нейронов?  
Ответ: в пренатальном периоде.
12. Каков вес головного мозга новорожденного?  
Ответ: около 350 г.
13. За счет каких процессов происходит увеличение массы мозга в постнатальный период?  
Ответ: деления глиальных клеток, роста и ветвления отростков нейронов.
14. Каков средний вес головного мозга взрослого человека?  
Ответ: около 1350 г.
15. К моменту рождения сформирован ли общий план строения нервной системы?  
Ответ: да.
16. К какому возрасту наступает морфо-функциональное созревание мозга?  
Ответ: к 18—20 годам.

## Список литературы

1. Курепина М.М., Воккен Г.-Г. Анатомия человека: Атлас. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 1997.
2. Борзяк Э.И., Бочаров В.Я., Сапин М.Р. Анатомия человека. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1993. — Т. 2.
3. Сапин М.Р., Билич Г.А. Анатомия человека. — М.: Высшая школа, 1989.
4. Морфология человека / Под ред. Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. — М.: Изд-во МГУ 1990. — С. 252–290.
5. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. — СПб.: Медицина, 1968. — С. 573–731.
6. Мозг / Под ред. П.В. Симонова; Пер. с англ. — М.: Мир, 1982.
7. Шаге Дж., Форг Д. Основы неврологии. — М.: Мир, 1982.
8. Кишиш-Сентаготаи. Анатомический атлас человеческого тела. — 45-е изд. — Будапешт, 1972. — Т. 3.
9. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. — 6-е изд. — М.: Медицина, 1996. — Т. 4.
10. Загорская В.Н., Попова Н.П. Анатомия нервной системы: Программа курса МОСУ. — М., 1995.
11. Крылова Н.В., Искренко И.А. Мозг и проводящие пути: Анатомия человека в схемах и рисунках. — М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1998.
12. Блюм Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л. Мозг, разум и поведение. — М.: Мир, 1988.
13. Нервная система человека: Атлас / Под ред. В.М. Астапова, Ю.В. Микадзе. — М., 1997.
14. Савельев С.В. Стереоскопический атлас мозга человека. — М., 1996.

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## Глава 1

### Цитологические и гистологические характеристики

#### нервной системы ..... 3

Общий план строения нервной системы .....	3
Центральная и периферическая нервная система .....	4
Нервная ткань .....	4
Нейрон — структурно-функциональная единица нервной системы .....	5
Глия .....	12
Нервные волокна и нервы .....	14
Серое и белое вещество нервной системы .....	17
Взаимодействие нейронов .....	20
Строение синапса .....	22
Нейронные сети .....	24
Рефлекс как основной принцип работы нервной системы .....	24
Оболочки мозга .....	28
Полости мозга .....	30

## Глава 2

### Спинной мозг ..... 31

Внешнее строение спинного мозга .....	31
Внутреннее строение спинного мозга .....	34
Проводящие пути спинного мозга .....	36

## Глава 3

### Головной мозг ..... 43

Задний мозг .....	43
Продолговатый мозг .....	46
Серое вещество продолговатого мозга .....	46

Белое вещество продолговатого мозга .....	47
Варолиев мост .....	49
Мозжечок .....	50
Средний мозг .....	57
Промежуточный мозг .....	59
Таламус (зрительные бугры) .....	59
Подбугорье (гипоталамус) .....	63
Конечный мозг .....	66
Цитоархитектоника и миелоархитектоника новой коры ....	70
Система волокон полушарий .....	77
Ретикулярная формация .....	77
Подкорковые ядра .....	82
Лимбическая система .....	84
Автономная нервная система .....	86

**Глава 4**

<b>Развитие нервной системы .....</b>	<b>90</b>
---------------------------------------	-----------

<b>Вопросы и ответы для самоконтроля .....</b>	<b>101</b>
--	------------

Тема I. Значение и общий план строения нервной системы. Нервная ткань .....	101
Тема II. Взаимосвязи нейронов .....	103
Тема III. Внешнее и внутреннее строение спинного мозга .....	104
Тема IV. Внешнее и внутреннее строение продолговатого заднего и среднего мозга .....	105
Тема V. Промежуточный мозг Гипоталамо-гипофизарная система .....	106
Тема VI. Рост и развитие нервной системы .....	107

<b>Список литературы .....</b>	<b>109</b>
--------------------------------	------------

*Учебное издание*

**Надежда Петровна Попова  
Оксана Олеговна Якименко**

## **АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

**Компьютерная верстка  
Р.Ю. Урбан**

**Корректор  
А.В. Майкова**

ООО «Академический Проект»  
Изд. лиц. № 04050 от 20.02.01  
111399, Москва, ул. Марتنевская, 3.

Санитарно-эпидемиологическое заключение  
Департамента государственного  
эпидемиологического надзора  
№ 77.99.02.953.Д.007176.12.04 от 24.12.04

*По вопросам приобретения книги  
просим обращаться в ООО «Трикси»:  
111399, Москва, ул. Мартеневская, 3.  
Тел.: (095) 305 3702, 305 6092; факс: 305 6088.  
E-mail: [aproject@ropnet.ru](mailto:aproject@ropnet.ru)  
[www.aproject.ru](http://www.aproject.ru)*

Подписано в печать 22.09.2005. Формат 84 × 108/32.  
Гарнитура Балтика. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 5,88.  
Тираж 3000 экз. Заказ № 6067.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленных диапозитивов  
в ОАО «Дом печати — ВЯТКА».  
610033, г. Киров, ул. Московская, 122