

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

---

# АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

2-е издание, переработанное и дополненное

Под редакцией  
**И.В. ГАЙВОРОНСКОГО**

Том 2

- ◆ *Нервная система*
- ◆ *Сосудистая система*



Москва  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА  
«ГЭОТАР-Медиа»  
2018

# АНАТОМИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

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

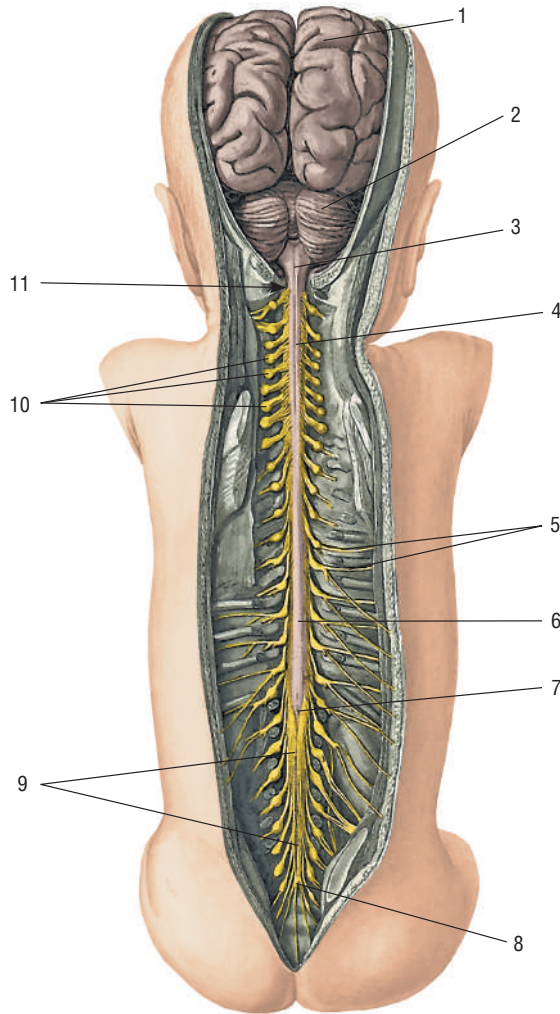
Нервная система появилась в ходе эволюции как интегративная система, т. е. система, отвечающая за согласованность функций всех органов и адаптацию организма к условиям существования. В отличие от других интегративных систем (сердечно-сосудистая система обеспечивает гуморальную интеграцию, а эндокринная — гормональную интеграцию), нервная система выполняет свои функции очень быстро, прицельно и кратковременно. Так, от момента возникновения раздражения до его ощущения проходят сотые доли секунды. Реагирует на раздражение, как правило, конкретный орган или группа органов. После устранения действия раздражителя ответная реакция мгновенно прекращается.

## 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

По топографо-анатомическому принципу нервную систему подразделяют на центральную и периферическую. В состав центральной нервной системы включают головной и спинной мозг, в состав периферической — все нервные структуры, расположенные за пределами головного и спинного мозга (рис. 1.1).

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

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



**Рис. 1.1.** Головной и спинной мозг новорожденного: 1 — *hemispheria cerebri*; 2 — *cerebellum*; 3 — *medulla oblongata*; 4 — *intumescentia cervicalis*; 5 — *n. intercostalis*; 6 — *intumescentia lumbosacralis*; 7 — *conus medullaris*; 8 — *filum terminale externum*; 9 — *cauda equina*; 10 — *ganglia sensoria nn. spinales*; 11 — *for. magnum*

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

**По функции** нервную систему делят на соматическую (анимальную) и вегетативную (автономную). Соматическая нервная система отвечает за иннервацию тела (сомы) — кожи, мышц и скелета. Вегетативная нервная система обеспечивает иннервацию внутренних органов, желез и сосудов, включает симпатический и парасимпатический отделы.

**Центральная нервная система**, *systema nervosum centrale*, состоит из миллиардов высокоспециализированных клеток — нейроцитов и клеток глии, которые обеспечивают деятельность нервных клеток (поддерживают, защищают и играют трофическую роль). Нейроциты на основе общности выполняемых функций группируются в соответствующие центры спинного и головного мозга. К этим центрам от различных рецепторов (кожи, мышц, внутренних органов, органов зрения, слуха и равновесия, вкуса и обоняния) постоянно поступает информация, порой противоречивая. Задача центральной нервной системы заключается в том, чтобы после получения информации в течение долей секунды произвести ее оценку и принять соответствующее решение. В осуществлении последнего неопределима способность головного мозга к хранению и воспроизведению в нужный момент ранее поступившей информации (память). Величайшим достижением эволюции нервной системы является мыслительная способность. Она осуществляется в результате анализа и синтеза нервных импульсов в высших центрах головного мозга и составляет высшую нервную деятельность человеческого организма.

Центральная нервная система обладает и собственной инициативой. Она активно влияет не только на сосуды, мышцы, железы, побуждая их к работе, но и на сенсорные органы, регулируя их функцию и настраивая на восприятие информации.

**Периферическая нервная система**, *systema nervosum periphericum*, обеспечивает связь спинного и головного мозга с рецепторами (чувствительными нервными окончаниями) и с эффекторами (аппаратами, передающими нервные импульсы на рабочие органы). Рабочие органы отвечают на внешние и внутренние раздражения приспособительными реакциями организма, такими как сокращение мышц или выделение секретов железами.

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

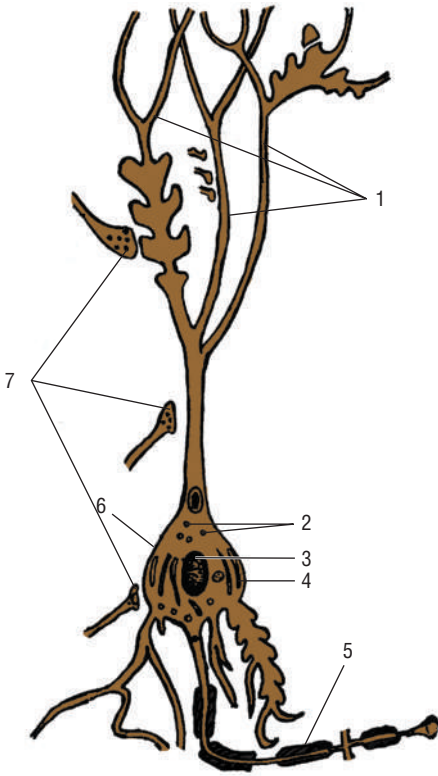
**Вегетативная (автономная) нервная система**, *systema nervosum autonomicum*, иннервирует внутренние органы и кровеносные сосуды, управляет гладкой мускулатурой и работой желез. Она объединяет отдельные части организма в единую целостную систему и осуществляет адаптационно-трофическую функцию в организме.

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

## 1.2. НЕЙРОНЫ

Структурной единицей нервной системы является нервная клетка — нейрон, или нейроцит, *neuron seu neurocytus*. В нейроне выделяют следующие основные части: тело, отростки и их окончания (рис. 1.2).

Тело нейрона представляет собой скопление цитоплазмы (нейроплазмы), в которой располагается крупное круглое ядро. В нервных клетках ве-



**Рис. 1.2.** Схема строения нейрона: 1 — дендриты; 2 — секреторные гранулы; 3 — ядро; 4 — нейрофибрилярный аппарат; 5 — аксон; 6 — тело нейрона; 7 — окончания других нервных клеток

20–30 нм, толщина стенки — 10 нм. Нейротубулы осуществляют транспорт веществ в пределах нейрона.

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

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

Поверхность нейрона представлена оболочкой (цитолеммой), которая определяет границы клетки и обеспечивает ее обмен с окружающей средой.

гетативной нервной системы может встречаться по 2–3 ядра. Количество ядрышек в ядре также составляет от одного до трех. Увеличение числа ядрышек и их объема свидетельствует об усилении функциональной активности нейрона.

Ядро является носителем генетической информации, определяющей свойства нейрона, и осуществляет регуляцию синтеза белков. В цитоплазме нейрона находятся органеллы общего назначения (митохондрии, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы, комплекс Гольджи и т. д.) и специализированные структуры (нейрофибриллы, хроматофильное вещество и синаптические пузырьки).

Нейрофибриллы бывают двух видов — нейрофиламенты и нейротрубочки. Нейрофиламенты в теле нейрона представляют собой сеть тонких белковых нитей диаметром 6–10 нанометров (нм). В отростках нити располагаются продольно. Они выполняют опорную функцию, придают клетке определенную форму.

Нейротрубочки (нейротубулы) также образованы белковыми нитями, которые имеют спиральную ориентацию. Диаметр трубочек составляет

Кроме того, цитолемма содержит большое количество белковых структур, выполняющих хеморецепторную функцию. Оболочка нервных клеток отличается способностью проводить нервное возбуждение (нервный импульс).

Различают два вида отростков нервных клеток — дендриты и аксон (нейрит), которые являются выростами цитоплазмы. Дендриты проводят нервный импульс только по направлению к телу нервной клетки. Они начинают древовидно ветвиться уже вблизи тела клетки, постепенно истончаются и заканчиваются в окружающих тканях. Дендриты многократно увеличивают воспринимающую поверхность нервной клетки. Количество дендритов вариабельно: от одного до десяти. Редко встречаются нервные клетки, не имеющие дендритов. У таких клеток восприятие раздражений осуществляется телом клетки.

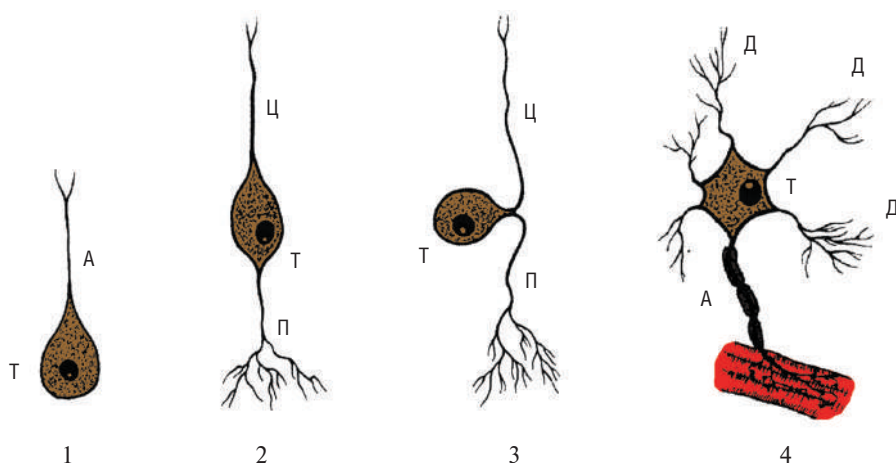
Помимо дендритов нервная клетка всегда имеет только один аксон (нейрит). Этот отросток более крупный, чаще длинный и менее ветвистый. Редкие боковые ветви у него появляются лишь в самом конце. Имеется зависимость между величиной тела нервной клетки и длиной аксона. Чем больше величина тела клетки, тем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

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

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

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

**По количеству отростков** различают следующие виды нейронов (рис. 1.3): одноотростчатые (униполярные), двухотростчатые (биполярные), ложноодноотростчатые (псевдоуниполярные) и многоотростчатые (мультиполярные).



**Рис. 1.3.** Основные типы нервных клеток: 1 — униполярный нейрон; 2 — биполярный нейрон; 3 — псевдоуниполярный нейрон; 4 — мультиполярный нейрон. А — аксон; Д — дендрит; П — периферический отросток; Ц — центральный отросток; Т — тело

В составе нервной системы человека наиболее часто встречаются биполярные, псевдоуниполярные и мультиполярные нервные клетки.

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

- 1) рецепторные (чувствительные), имеющие чувствительные нервные окончания (рецепторы), которые способны воспринимать раздражения из внешней или внутренней среды;
- 2) эффекторные, имеющие на окончаниях аксона эффекторы, которые передают нервный импульс на рабочий орган;
- 3) ассоциативные (вставочные), являющиеся промежуточными в составе рефлекторной дуги и передающие информацию с чувствительного нейрона на эффекторные. В сложных рефлекторных дугах ассоциативных нейронов может быть несколько.

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

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

### 1.3. НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

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

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

Миелиновые волокна по диаметру делят на три группы: толстые (12–20 мкм), средние (6–12 мкм) и тонкие (1–6 мкм). Через каждые 1–3 мм нервное волокно резко истончается, образуются узловые перехваты (перехваты Ранвье) шириной 1 мм. В области перехватов миелиновый слой отсутствует — это место соединения соседних глиальных (шванновских) клеток. В зависимости от диа-

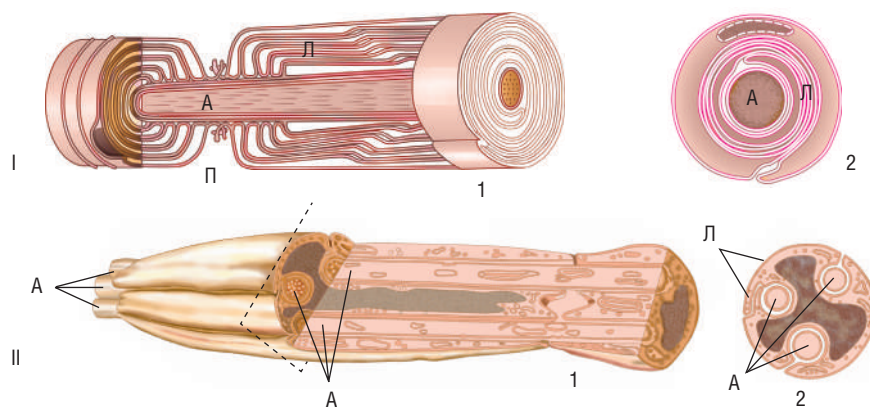
метра волокна различается скорость проведения нервного импульса. В толстых миелиновых волокнах она составляет примерно 80–120 м/с, в средних — 30–80, в тонких — 10–30 м/с. При этом скорость прохождения импульсов в определенной группе волокон не зависит от силы раздражения.

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

Миелиновая оболочка предотвращает распространение идущих по волокну нервных импульсов на соседние ткани, т. е. играет роль диэлектрика (изолятора). Миелинизация нервных волокон начинается на 4–5-м месяце внутриутробного развития и имеет неодинаковую продолжительность в различных отделах нервной системы. В процессе развития глиальная оболочка (мезаксон шванновской клетки) послойно наматывается вокруг осевого цилиндра. Образуется плотная слоистая оболочка, содержащая во внутренних слоях преимущественно миелин (белково-липидные соединения), а в наружных — цитоплазму и оболочки шванновских клеток (леммоцитов). Завершение процесса миелинизации нервных волокон свидетельствует о зрелости нервных структур. Так, нервные волокна полушарий большого мозга, ответственные за эмоционально-психические функции, миелинизируются только к 12–13 годам.

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

В одном безмиелиновом волокне содержится не один осевой цилиндр, а несколько (до 20). Они окутаны в виде муфты оболочкой из леммоцитов (рис. 1.4).



**Рис. 1.4.** Схема строения нервного волокна: I — соматической нервной системы; II — вегетативной нервной системы; 1 — продольный разрез; 2 — поперечный разрез. А — аксон; Л — леммоцит; П — перехват Ранвье



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

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

## 1.4. НЕРВНЫЕ ОКОНЧАНИЯ

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

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

По локализации рецепторы делят на четыре группы: экстероцепторы, проприоцепторы и интероцепторы (рис. 1.5) и рецепторы специализированных органов чувств.

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

**Интероцепторы** находятся во внутренних органах. Адекватными раздражителями для них являются преимущественно химические вещества и механические воздействия. Интероцепторы воспринимают химический состав определенных веществ (вкус, запах и т. д.), степень наполнения органов или болевые ощущения.

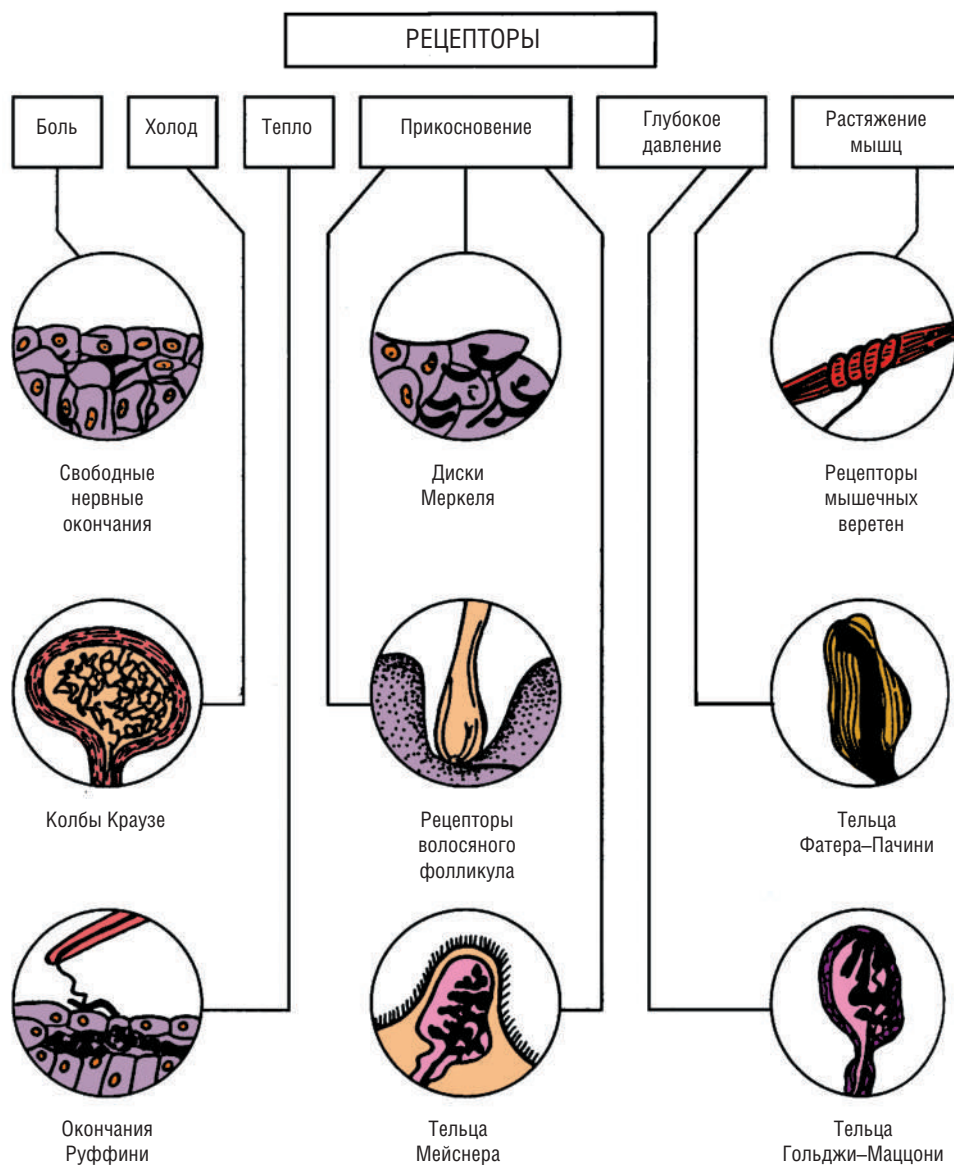
**Проприоцепторы**, или глубокие рецепторы, локализируются в мышцах, сухожилиях, фасциях, надкостнице, связках и суставных капсулах. Они воспринимают такие раздражения, как чувство веса, давления, вибрации, положение частей тела, степень напряжения мышц.

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

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

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

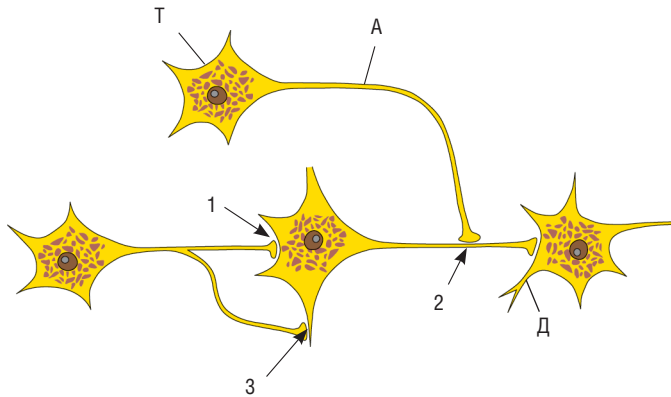
По строению рецепторы делят на три группы: свободные нервные окончания, инкапсулированные нервные окончания и нервные окончания, представ-



**Рис. 1.5.** Основные типы рецепторов соматической нервной системы

ленные первично чувствующими клетками. Свободные нервные окончания воспринимают боль; инкапсулированные — тактильные, температурные и проприоцептивные раздражения; первично чувствующие клетки — зрительные, слуховые, вестибулярные и вкусовые раздражения.

**Синапс** — это специализированное морфофункциональное образование, предназначенное для передачи нервного импульса контактным способом с одного нейрона на другой или с нейрона на рабочий орган.



**Рис. 1.6.** Основные виды межнейронных синапсов: 1 — аксо-соматический синапс; 2 — аксо-аксональный синапс; 3 — аксо-дендритический синапс. Т — тело нейрона; А — аксон; Д — дендрит

По локализации синапсы бывают межнейронными и нейротканевыми. В первой группе в зависимости от контактирующих частей нейрона выделяют аксо-соматические (аксон—тело), аксо-дендритические (аксон—дендрит) и аксо-аксональные (аксон—аксон) синапсы (рис. 1.6). Наиболее распространенными типами межнейронных синапсов являются аксо-соматические (терминальные ветви аксона одного нейрона оканчиваются на теле другого) и аксо-дендритические (терминальные ветви аксона контактируют с дендритами другого нейрона). На одном нейроне может находиться до 10 000 синаптических образований. Особенно много их на дендритах, примерно 4/5 всего количества, и лишь 1/5 — на теле нейрона. Аксо-соматические и аксо-дендритические синапсы обеспечивают распространение импульса с одной нервной клетки на другую. Аксо-аксональные синапсы обеспечивают торможение импульсов.

Реже встречаются дендро-дендритические, дендро-соматические и сомато-соматические синапсы.

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

По механизму передачи нервного импульса различают три группы синаптических структур:

- 1) синапсы с химической (медиаторной или трансмиссерной) передачей импульса;
- 2) синапсы с электрической передачей нервного импульса (эффасы);
- 3) синапсы со смешанной передачей нервного импульса.

Морфологически синапс представляет собой утолщение в виде пуговок, бляшек, колбочек или нитей. На ультраструктурном уровне в нем выделяют пресинаптическую часть, синаптическую щель и постсинаптическую часть (рис. 1.7). Пресинаптическая часть для синапсов с химической передачей обычно образована терминальным аппаратом аксона и содержит скопление синаптических пузырьков и митохондрий. Синаптические пузырьки наполнены медиатором.

В качестве медиатора чаще выступают такие вещества, как ацетилхолин, норадреналин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), гистамин, дофамин, серотонин и т. д., всего более 30. По величине синаптических пузырьков можно судить о виде медиатора: ацетилхолин находится в мелких пузырьках диаметром 30–50 нм; норадреналин — в пузырьках средней величины — 50–90 нм; ГАМК — в крупных пузырьках — 100–120 нм. В момент поступления нервного импульса в пресинаптическую часть медиатор освобождается из связанного состояния и выбрасывается в виде пузырьков в синаптическую щель. В одном пузырьке содержится до 10 000 молекул медиатора.

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

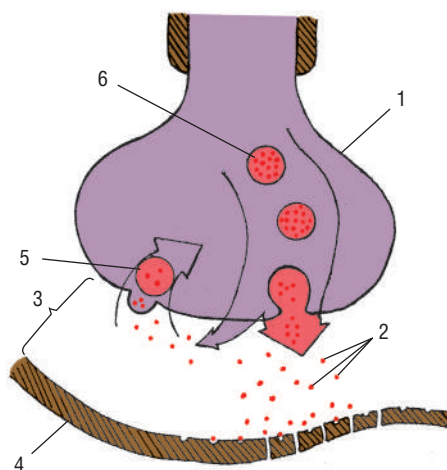
Пройдя синаптическую щель, медиатор связывается с хеморецептором (белковая структура) на постсинаптической мембране. В зависимости от химической природы медиатора различают следующие основные виды хеморецепторов:  $\alpha$ -,  $\beta$ -адренорецепторы; М-, Н-холинорецепторы; пуринорецепторы, ГАМК-рецепторы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

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

Таким образом, химическая передача нервных импульсов последовательно проходит четыре этапа: синтез медиатора, проникновение медиатора через пресинаптическую мембрану, взаимодействие с хеморецепторами постсинаптической мембраны, инактивация.

Ультраструктурные особенности строения синапса определяют закономерности его функционирования:

- 1) односторонность проведения нервного импульса (закон динамической поляризации синапса), обусловленная возможностями синтеза, проникновения и взаимодействия медиатора;



**Рис. 1.7.** Схема строения синапса: 1 — пресинаптическая мембрана; 2 — молекулы медиатора; 3 — синаптическая щель; 4 — постсинаптическая мембрана; 5 — обратный транспорт медиатора; 6 — синаптические пузырьки с медиатором

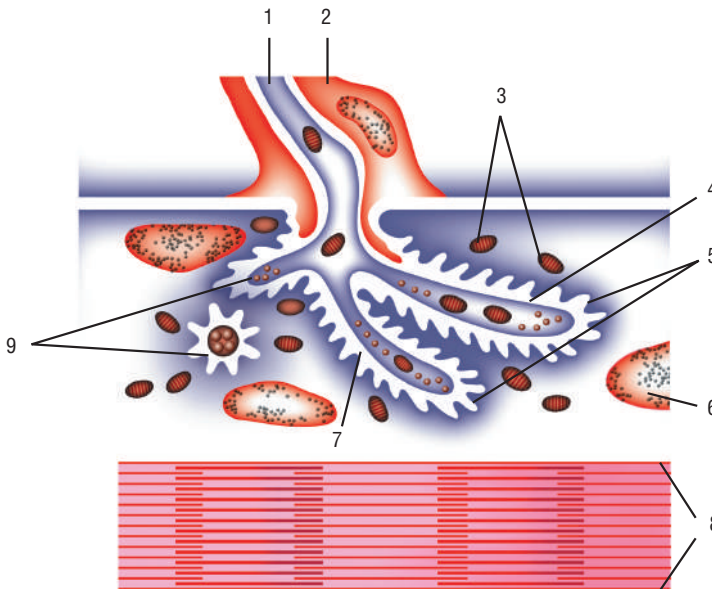
- 2) синаптическая задержка, связанная с затратой времени на диффузию медиатора и реакцию взаимодействия с хеморецептором (0,08 с);
- 3) высокая избирательная чувствительность хеморецепторов (они взаимодействуют только со специфичным медиатором);
- 4) утомляемость, вызванная расходом медиатора.

Электрические синапсы — беспузырьковые, характеризуются узкой синаптической щелью и отсутствием специфических хеморецепторов. Они обеспечивают передачу нервных импульсов без синаптической задержки в обоих направлениях, т. е. закон динамической поляризации синапса на них не распространяется.

По функции синапсы делят на возбуждающие и тормозные. Химические синапсы обеспечивают проведение как возбуждающих, так и тормозных нервных импульсов. Электрические синапсы проводят только возбуждающие импульсы.

**Эффекторы** — это нейротканевые синапсы, осуществляющие передачу нервного импульса с нейрона на ткани рабочего органа.

В поперечнополосатых, или скелетных, мышцах эффекторы представлены моторными бляшками (рис. 1.8). Мякотное нервное волокно вблизи моторной бляшки теряет миелиновый слой и распадается на терминальные ветви. Последние погружаются в складки сарколеммы мышечного волокна. В нервно-мышечном синапсе между терминалью аксона и сарколеммой мышечного волокна имеется синаптическая щель, ширина которой составляет от 10 до 20 нм.



**Рис. 1.8.** Схема строения моторной бляшки: 1 — нервное волокно; 2 — миелиновая оболочка (леммоцит); 3 — митохондрии; 4 — пресинаптическая мембрана; 5 — постсинаптическая мембрана; 6 — ядро мышечного волокна; 7 — синаптическая щель; 8 — миофибрилла; 9 — синаптические пузырьки

Медиатором в этих синапсах, как правило, является ацетилхолин, который действует возбуждающе. В нейротканевых синапсах вегетативной нервной системы нервный импульс передается с помощью медиаторов, в качестве которых могут выступать различные химически активные вещества, чаще ацетилхолин, норадреналин, аденозинтрифосфорная кислота и др. Именно медиаторы определяют конкретную реакцию на раздражение и ее продолжительность.

## 1.5. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О РЕФЛЕКТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основу деятельности нервной системы составляют рефлексы (рефлекторные акты). **Рефлекс** — это ответная реакция организма на внешнее или внутреннее раздражение. Многочисленные рефлекторные акты подразделяют на безусловные и условные.

**Безусловные рефлексы** — это врожденные (наследственные) реакции организма на раздражения, осуществляемые с участием спинного мозга или ствола головного мозга.

**Условные рефлексы** — это приобретенные на основе безусловных рефлексов временные реакции организма, осуществляемые при обязательном участии коры полушарий большого мозга и составляющие основу высшей нервной деятельности. Высшая нервная деятельность характеризуется сложностью рефлекторных действий. В основе их лежат не просто реакции на определенный раздражитель, а оценка многочисленных афферентных сигналов из внешнего мира и внутренней среды организма, поступающих в мозг по различным чувствительным путям (проприоцептивным, болевым, тактильным, зрительным, слуховым, обонятельным и т. д.), и оценка сигналов памяти, сохраняющих сведения о прошлом опыте.

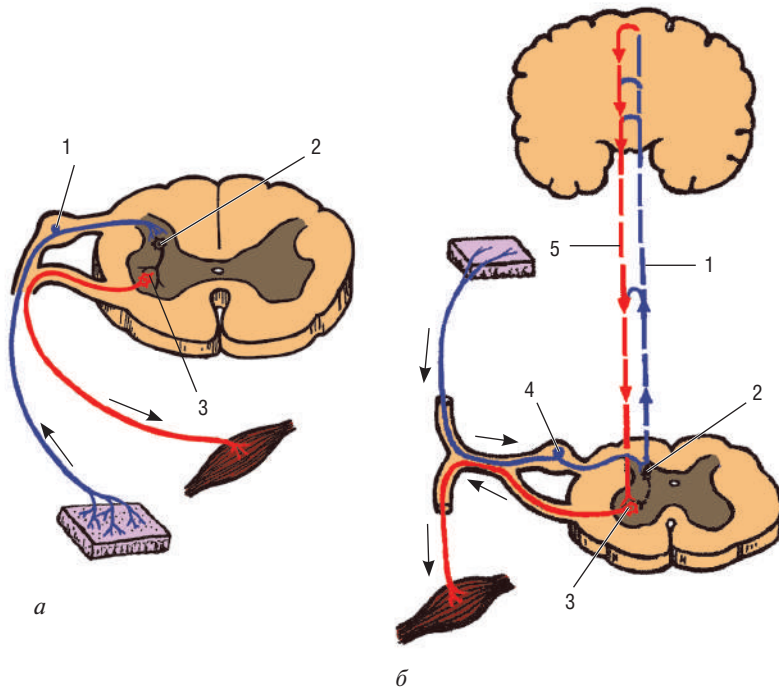
Следует отметить, что, приступая к выполнению конкретного вида деятельности, человек обычно прогнозирует его результаты, т. е. предварительно формирует афферентное представление, а затем уже совершает действие, и появляется его результат. Совпадение или несовпадение прогнозируемых и реальных результатов действия оказывает влияние на характер сопутствующих эмоциональных реакций. В первом случае они положительные, во втором — отрицательные.

Морфологической основой любого рефлекса является **рефлекторная дуга**, представленная цепью нейронов, обеспечивающих восприятие раздражения, трансформацию энергии раздражения в нервный импульс, проведение нервного импульса до нервных центров, обработку поступившей информации и реализацию ответной реакции.

В зависимости от сложности рефлекторного акта различают простые и сложные рефлекторные дуги. Как правило, для осуществления безусловных рефлексов образуются простые рефлекторные дуги. Для условных рефлексов характерны многонейронные сложные рефлекторные дуги.

В простой рефлекторной дуге имеются три звена: афферентное, вставочное (ассоциативное) и эфферентное.

Рассмотрим основные звенья рефлекторной дуги соматической нервной системы, построенной с участием структур спинного мозга (рис. 1.9).



**Рис. 1.9.** Схема строения рефлекторных дуг соматической нервной системы: *а* — **простая рефлекторная дуга**: 1 — рецепторный (чувствительный) нейрон; 2 — ассоциативный (вставочный) нейрон; 3 — эффекторный (двигательный) нейрон; *б* — **сложная рефлекторная дуга**: 1 — афферентный путь; 2 — ассоциативный (вставочный) нейрон; 3 — эффекторный (двигательный) нейрон; 4 — рецепторный (чувствительный) нейрон; 5 — афферентный путь

**Афферентное звено** представлено чувствительным, или рецепторным, нейроном, который располагается в чувствительном узле спинномозгового нерва и представлен псевдоуниполярными клетками. От тела псевдоуниполярной клетки отходит один отросток. Он вскоре делится на периферический и центральный отростки. Периферический отросток начинается рецепторами на периферии (в коже, мышцах, сухожилиях, суставных сумках). Область локализации рецепторов, раздражение которой ведет к возникновению определенного рефлекса, называется рефлексогенной зоной. Нервные импульсы, возникшие вследствие раздражения рецепторов рефлексогенной зоны, движутся в центро-стремительном направлении сначала к телу псевдоуниполярной клетки, а затем по ее центральному отростку в спинной мозг. Центральный отросток рецепторного нейрона образует синаптическое окончание на дендритах ассоциативного (вставочного) нейрона.

**Ассоциативное (вставочное) звено** представлено мелкой мультиполярной клеткой с коротким аксоном. Этот нейрон получает нервный импульс своими дендритами или непосредственно поверхностью тела, проводит его по аксону и образует синаптическое окончание на эффекторном нейроне.

**Эффекторное звено** — это крупная мультиполярная клетка, аксон которой покидает центральную нервную систему и заканчивается эффекторными окончаниями в тканях рабочего органа (в поперечнополосатой мускулатуре).

Усложнение рефлекторных дуг происходит за счет вставочного звена. Ассоциативные нейроны образуют многочисленные ядра (нервные центры) в пределах спинного и головного мозга. Нервные центры представляют собой группы нейронов, объединенных на основе морфофункциональных признаков, осуществляющих не только синаптическую передачу нервных импульсов с одного нейрона на другой, но и их определенную переработку. По И.П. Павлову, нервный центр — это «скопление и сцепление нейронов».

Между нервным центром и рабочим органом при осуществлении любого рефлекса устанавливается двусторонняя связь. Достигая эффекторов, расположенных в мышце или железе, нервные импульсы вызывают ответную реакцию на раздражение. При этом рабочий эффект сопровождается раздражением рецепторов, расположенных в исполнительном органе. В результате этого новый поток импульсов поступает к нервному центру. Наличие обратной связи позволяет осуществлять контроль правильности исполнения команд, поступающих из нервных центров, и вносить дополнительную своевременную коррекцию в ответные реакции организма.

## 1.6. СПИНАЛЬНЫЙ МОЗГ

### 1.6.1. Внешняя форма

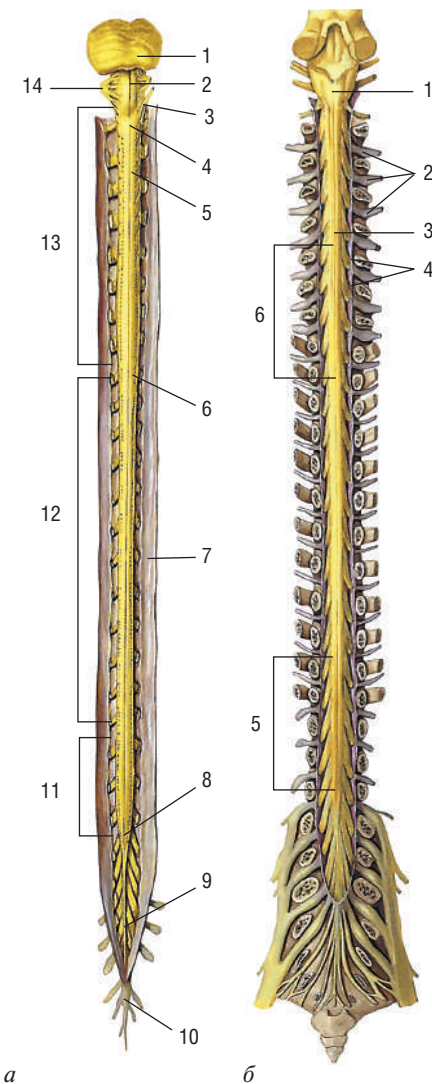
Спинальный мозг, *medulla spinalis*, имеет форму толстостенной трубки, несколько сдавленной в переднезаднем направлении. Его длина составляет приблизительно 40–45 см, наибольший поперечный диаметр равняется 12 мм, масса — около 35 г.

Спинальный мозг находится в позвоночном канале. Вверху на уровне дуги первого шейного позвонка он продолжается в продолговатый мозг. Внизу на уровне I поясничного позвонка у мужчин и II поясничного позвонка у женщин спинальный мозг заканчивается мозговым конусом, *conus medullaris*. От верхушки мозгового конуса тянется терминальная нить, *filum terminale*, которая фиксируется к надкостнице тела II копчикового позвонка.

Спинальный мозг построен симметрично. На его передней поверхности по срединной плоскости имеется глубокая передняя срединная щель, *fissura mediana anterior*. Ее глубина достигает 1/3 переднезаднего размера спинного мозга. На задней поверхности посередине имеется задняя срединная борозда, *sulcus medianus posterior*, к которой примыкает глиальная перегородка, разделяющая заднюю часть спинного мозга на две равные половины. На боковой поверхности каждой стороны различают переднюю латеральную борозду, *sulcus anterolateralis*, расположенную в 2–3 мм от передней срединной щели, и заднюю латеральную борозду, *sulcus posterolateralis*, которая находится в 4–5 мм от задней срединной борозды.

В области указанных борозд от спинного мозга отходят передние и задние корешки спинномозговых нервов. На заднем корешке имеется утолщение,





**Рис. 1.10.** Спинальный мозг: *а* — передняя поверхность: 1 — *pons*; 2 — *medulla oblongata*; 3 — *n. accessorius*; 4 — *decussatio pyramidum*; 5 — *fissura mediana anterior*; 6 — *sulcus anterolateralis*; 7 — *dura mater spinalis*; 8 — *conus medullaris*; 9 — *cauda equina*; 10 — *filum terminale externum*; 11 — *segmenta lumbalia*; 12 — *segmenta thoracica*; 13 — *segmenta cervicalia*; 14 — *n. hypoglossus*; *б* — задняя поверхность: 1 — *medulla oblongata*; 2 — *ganglia sensoria nn. spinales*; 3 — *sulcus medianus posterior*; 4 — *radices posteriores nn. spinales*; 5 — *intumescentia lumbosacralis*; 6 — *intumescentia cervicalis*

представляющее собой чувствительный узел спинномозгового нерва, *ganlion sensorium nervi spinalis* (спинномозговой узел, *ganlion spinale*). Передний и задний корешки соответствующей стороны, расположенные на одном уровне в горизонтальной плоскости, сближаются друг с другом в области межпозвоночного отверстия. После соединения переднего корешка, *radix anterior*, и периферических отростков псевдоуниполярных клеток чувствительного узла спинномозгового нерва (непосредственно за узлом) образуется ствол спинномозгового нерва, *truncus nervi spinalis*. Всего на протяжении спинного мозга отходят 124 корешка — 62 задних и 62 передних (рис. 1.10). Из корешков формируется 31 пара спинномозговых нервов.

Участок спинного мозга, соответствующий четырем корешкам спинномозговых нервов или паре спинномозговых нервов, расположенных на одном уровне в горизонтальной плоскости, называют **сегментом спинного мозга** (рис. 1.11).

Различают 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и один копчиковый сегменты. Каждый сегмент спинного мозга обеспечивает иннервацию определенного участка тела, который называют метамером. Последний включает участок кожи (дерматом) и скелетные мышцы, происходящие из одного миотома.

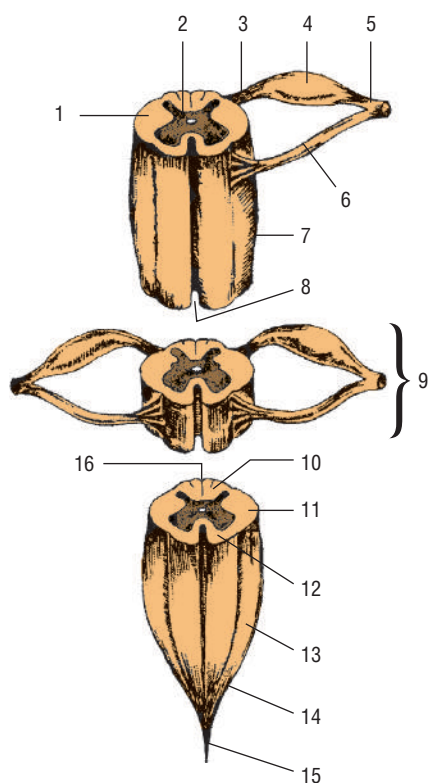
Сегменты спинного мозга обеспечивают сегментарную иннервацию туловища и конечностей. Сегментарная иннервация кожи характеризуется полосочным распределением, причем на туловище она имеет вид кольцевидно охватывающих полос, на конечностях — продольных (рис. 1.12).

Сегменты обозначают начальными буквами, указывающими на отдел

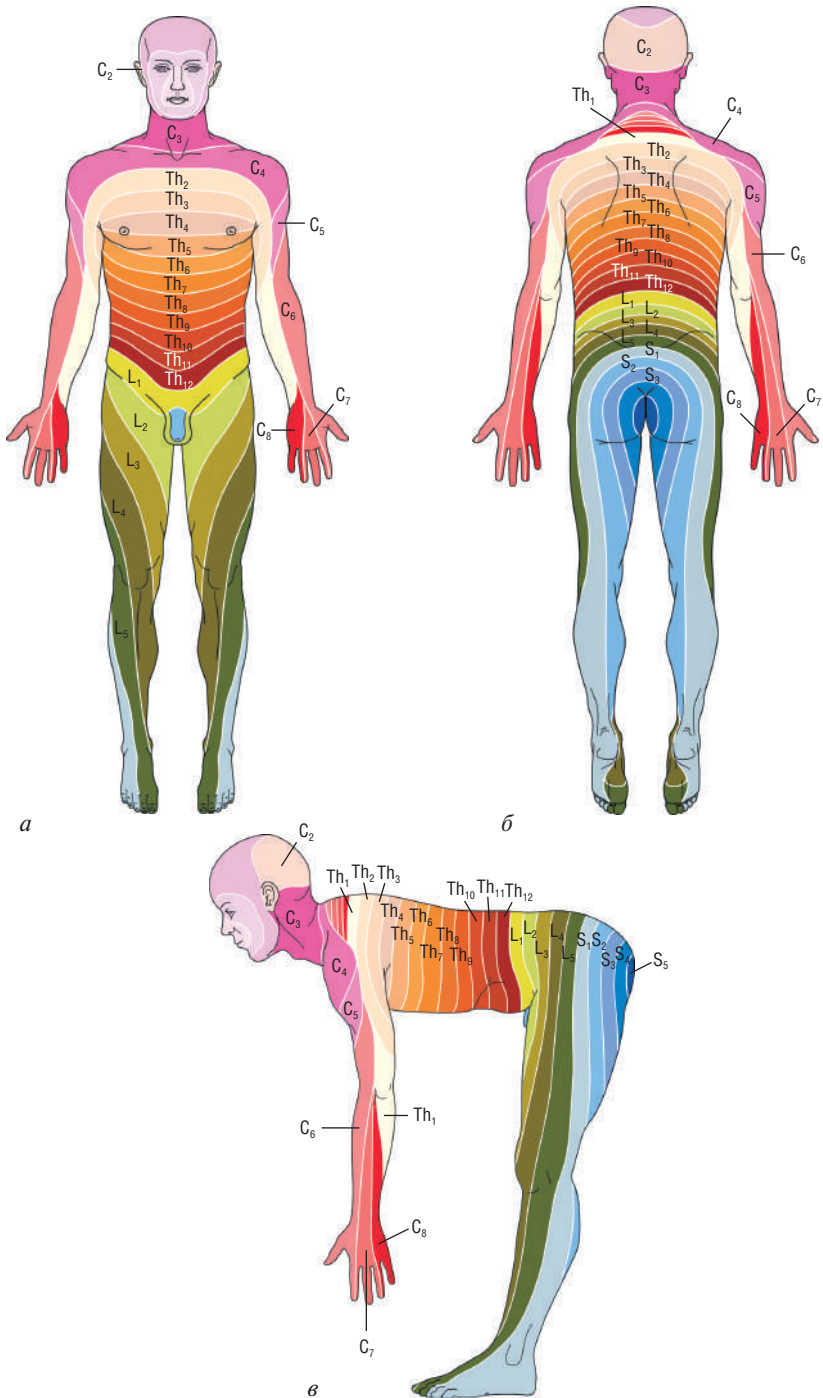
спинного мозга, и арабскими цифрами, соответствующими порядковому номеру сегмента: шейные сегменты, *segmenta cervicalia*, C<sub>1</sub>–C<sub>8</sub>; грудные сегменты, *segmenta thoracica*, Th<sub>1</sub>–Th<sub>12</sub>; поясничные сегменты, *segmenta lumbalia*, L<sub>1</sub>–L<sub>5</sub>; крестцовые сегменты, *segmenta sacralia*, S<sub>1</sub>–S<sub>5</sub>; копчиковый сегмент, *segmentum coccygeum*, Co<sub>1</sub>.

В первые месяцы внутриутробного развития позвоночный столб и спинной мозг растут в длину равномерно, последний занимает позвоночный (и крестцовый) канал на всем его протяжении. Корешки всех спинномозговых нервов отходят от спинного мозга под прямым углом и направляются в соответствующие межпозвоночные отверстия. Следовательно, сегменты спинного мозга в этом периоде развития располагаются на уровне соответствующих позвонков. С 4-го месяца жизни зародыша спинной мозг начинает отставать в росте. Краниальный конец его в месте перехода в головной мозг фиксирован, и поэтому топические отношения спинного мозга и позвоночного столба в верхних отделах меняются сравнительно мало. Каудальный конец спинного мозга постепенно отстает от роста позвоночного канала, и у новорожденного нижний конец спинного мозга находится уже на уровне III поясничного позвонка, у взрослого — на уровне I поясничного позвонка.

Скелетотопия сегментов спинного мозга у взрослого человека играет важную роль для топической диагностики заболеваний нервной системы. У мужчин она представлена следующим образом. Шейные сегменты (C<sub>1</sub>–C<sub>4</sub>) располагаются на уровне соответствующих шейных позвонков. Нижние шейные (C<sub>5</sub>–C<sub>8</sub>) и верхние грудные (Th<sub>1</sub>–Th<sub>4</sub>) сегменты имеют меньшую высоту по сравнению с высотой тел позвонков и лежат на один позвонок выше. Средние грудные сегменты (Th<sub>5</sub>–Th<sub>8</sub>) располагаются уже на два позвонка выше, а нижние грудные сегменты (Th<sub>9</sub>–Th<sub>12</sub>) — на три. Все поясничные сегменты (L<sub>1</sub>–L<sub>5</sub>) находятся на уровне X–XI и верхней половины XII грудных позвонков. Все крестцовые (S<sub>1</sub>–S<sub>5</sub>) и копчиковый (Co<sub>1</sub>) сегменты находятся на уровне нижней половины



**Рис. 1.11.** Строение спинного мозга: 1 — *substantia alba*; 2 — *substantia grisea*; 3 — *radix posterior n. spinalis*; 4 — *ganglion sensorium n. spinalis*; 5 — *truncus n. spinalis*; 6 — *radix anterior n. spinalis*; 7 — *intumescencia cervicalis*; 8 — *fissura mediana anterior*; 9 — *segmentum medullae spinalis*; 10 — *funiculus posterior*; 11 — *funiculus lateralis*; 12 — *funiculus anterior*; 13 — *intumescencia lumbosacralis*; 14 — *conus medullaris*; 15 — *filum terminale*; 16 — *s. medianus posterior*



**Рис. 1.12.** Сегментарное распределение кожной чувствительности: *а* — вид спереди; *б* — вид сзади; *в* — вид слева

Таблица 1.1. Скелетотопия сегментов спинного мозга

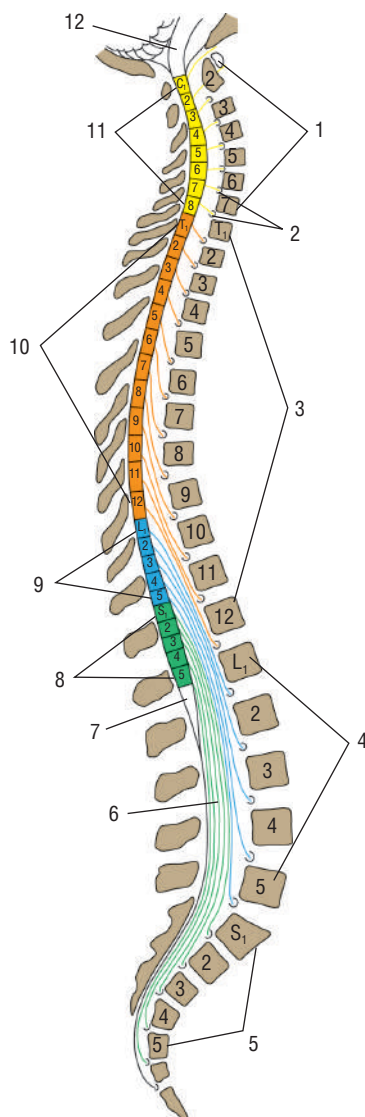
Сегменты	Скелетотопия по отношению к телам позвонков
C <sub>1</sub> –C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> –C <sub>IV</sub>
C <sub>5</sub> –Th <sub>4</sub>	C <sub>V</sub> –C <sub>VII</sub> , Th <sub>I</sub> –Th <sub>IV</sub>
Th <sub>5</sub> –Th <sub>8</sub>	Th <sub>IV</sub> –Th <sub>VI</sub>
Th <sub>9</sub> –Th <sub>12</sub>	Th <sub>VII</sub> –Th <sub>IX</sub>
L <sub>1</sub> –L <sub>5</sub>	Th <sub>X</sub> –Th <sub>XII</sub>
S <sub>1</sub> –S <sub>5</sub> –Co <sub>1</sub>	Th <sub>XII</sub> –L <sub>I</sub> (L <sub>II</sub> )

XII грудного и I поясничного позвонков. Эти сегменты составляют мозговой конус.

Ориентировочная скелетотопия сегментов спинного мозга представлена в табл. 1.1 и на рис. 1.13.

Скелетотопия сегментов спинного мозга важна для топической диагностики сегментарных расстройств: по поврежденному позвонку можно легко определить пострадавший сегмент спинного мозга, и наоборот — по сегментарным расстройствам чувствительности или двигательных функций можно вычислить травмированный позвонок. Например, чтобы определить, на уровне какого позвонка находится данный сегмент спинного мозга, следует из обозначающего его числа вычесть: 1 — если речь идет о нижних шейных или верхних грудных; 2 — если речь идет о средних грудных; 3 — если речь идет о нижних грудных сегментах.

Спинальный мозг не является прямолинейным. У взрослого человека он имеет изгибы в сагиттальной плос-



**Рис. 1.13.** Топография сегментов спинного мозга: 1 — *vertebrae cervicales*; 2 — *foramina intervertebralia*; 3 — *vertebrae thoracicae*; 4 — *vertebrae lumbales*; 5 — *vertebrae sacrales*; 6 — *cauda equina*; 7 — *segmentum coccygeum*; 8 — *segmenta sacralia*; 9 — *segmenta lumbalia*; 10 — *segmenta thoracica*; 11 — *segmenta cervicalia*; 12 — *medulla oblongata*

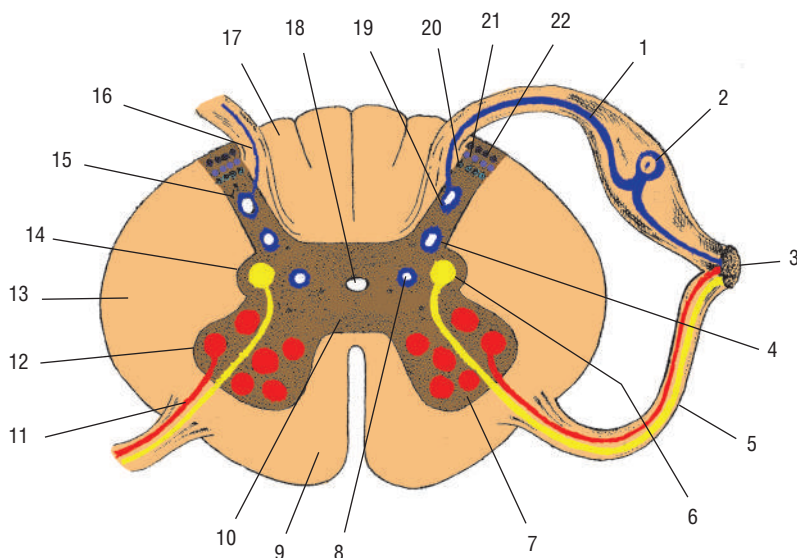
кости, обусловленные шейным лордозом и грудным кифозом позвоночного столба. На протяжении спинного мозга имеются два утолщения, соответствующие сегментам, обеспечивающим иннервацию верхних и нижних конечностей. Шейное утолщение, *intumescencia cervicalis*, располагается на протяжении от пятого шейного до первого грудного сегментов, а пояснично-крестцовое утолщение, *intumescencia lumbosacralis*, — от двенадцатого грудного до третьего крестцового сегментов. На уровне верхнего края I поясничного позвонка последнее переходит непосредственно в мозговой конус.

В связи с тем, что в онтогенезе рост спинного мозга отстает от роста позвоночного канала, изменяется направление корешков спинномозговых нервов. В шейном отделе они ориентированы горизонтально, затем идут в косом направлении, а от каудальных сегментов — почти вертикально. В том же направлении увеличивается и длина корешков (от места их выхода из спинного мозга до образования спинномозгового нерва в межпозвоночном отверстии). Если в шейном отделе корешки спинномозговых нервов имеют длину 1–1,5 см, то в поясничном и крестцовом отделах они достигают 12 см. Корешки четырех нижних поясничных, пяти крестцовых и копчикового спинномозговых нервов вместе с концевой нитью образуют так называемый конский хвост, *cauda equina*, расположенный в мешке твердой мозговой оболочки. Таким образом, в составе конского хвоста имеются 40 корешков: 20 передних и 20 задних, соответствующих 10 нижним сегментам спинного мозга ( $L_2$ – $L_5$ ,  $S_1$ – $S_5$ ,  $Co_1$ ).

### 1.6.2. Внутреннее строение

Общее представление о внутреннем строении спинного мозга дает макроскопическое изучение его поперечного разреза или просмотр гистотопограмм при малом увеличении. В центре спинного мозга располагается центральный канал, *canalis centralis* (рис. 1.14). Он проходит на протяжении всего спинного мозга и в области мозгового конуса заканчивается небольшим расширением, которое носит название терминального желудочка, *ventriculus terminalis*. Вокруг центрального канала в форме бабочки распределяется серое вещество, *substantia grisea*. На нефиксированных препаратах оно имеет светло-серый цвет. Площадь серого вещества на поперечных срезах неодинакова на протяжении спинного мозга. Она значительно больше по своим размерам в области утолщений и в области мозгового конуса. Серое вещество представлено преимущественно телами нервных клеток.

В каждой половине серого вещества (справа и слева) различают переднюю расширенную часть, называемую передним рогом, *cornu anterius*, и заднюю, более узкую, обозначаемую как задний рог, *cornu posterius*. Участок серого вещества, расположенный между передним и задним рогами, выделяют как центральное промежуточное вещество, *substantia intermedia centralis*. В сегментах спинного мозга  $C_8$ – $L_3$  имеется боковой выступ серого вещества, который называют боковым рогом, *cornu laterale*. Задние, боковые и передние рога всех сегментов спинного мозга в совокупности составляют серые столбы, *columnae griseae*, соответственно: задние столбы, *columnae posteriores*; боковые столбы, *columnae laterales*; передние столбы, *columnae anteriores*.



**Рис. 1.14.** Внутреннее строение спинного мозга (поперечный разрез на уровне грудных сегментов): 1 — *radix posterior n. spinalis*; 2 — *ganglion sensorium n. spinalis*; 3 — *n. spinalis*; 4 — *nucleus thoracicus*; 5 — *radix anterior n. spinalis*; 6 — *nucleus intermediolateralis*; 7 — *nuclei proprii cornu anterioris*; 8 — *nucleus intermediomedialis*; 9 — *funiculus anterior*; 10 — *cellulae disseminatae*; 11 — переднерешковые волокна; 12 — *cornu anterius*; 13 — *funiculus lateralis*; 14 — *cornu laterale*; 15 — *cornu posterius*; 16 — заднерешковые волокна; 17 — *funiculus posterior*; 18 — *canalis centralis*; 19 — *nucleus proprius cornu posterioris*; 20 — *substantia gelatinosa*; 21 — *zona spongiosa*; 22 — *zona terminalis*

На латеральной поверхности заднего рога (или бокового рога, где он имеется) четкой границы между белым и серым веществами нет. Здесь имеются небольшие островки серого вещества, разделенные пучками волокон, объединенные под названием «Ретикулярная формация спинного мозга, *formatio reticularis medullae spinalis*». Ретикулярная формация хорошо развита в шейном отделе вблизи продолговатого мозга. В грудном отделе она постепенно уменьшается, а в поясничном отделе неразличима.

Серое вещество, кроме тел нейронов, содержит отростки нервных клеток и их окончания, глиальные элементы и сосуды гемомикроциркуляторного русла. Часть нейронов в сером веществе спинного мозга располагается группами. В каждой из групп нейроны имеют одинаковую форму и размеры. Передача информации с одного нейрона на другой осуществляется с помощью синаптических структур. Такое скопление и «сцепление» нейронов называют ядром, *nucleus*.

В переднем роге располагаются шесть собственных ядер — *nuclei proprii cornu anterioris*. Среди них различают переднемедиальное, заднемедиальное, переднее, переднелатеральное, заднелатеральное и центральное ядра.

В центре заднего рога располагаются мультиполярные нейроны среднего размера, которые составляют собственное ядро заднего рога, *nucleus proprius cornu posterioris*. У основания заднего рога в центральном промежуточном веществе

расположено грудное ядро, *nucleus thoracicus*. Это ядро имеет веретенообразную форму, наибольшая толщина его приходится на грудные сегменты, поэтому оно называется «грудное» (ядро Кларка). Соответствующее ему ядро в шейном отделе имеет четкую форму и называется ядром Штиллинга. В центральном промежуточном веществе, *substantia intermedia centralis*, расположено также промежуточно-медиальное ядро, *nucleus intermediomedialis*. В области бокового рога, который отмечается лишь в сегментах С<sub>8</sub>–L<sub>3</sub>, находится промежуточно-латеральное ядро, *nucleus intermediolateralis*, — симпатическое.

В области верушки заднего рога имеется участок, описываемый как студенистое вещество, *substantia gelatinosa* (вещество Роланда), которое содержит мелкие мультиполярные нейроны. Дорсальнее располагается губчатая зона, *zona spongiosa*, где также находятся мелкие мультиполярные клетки. Наконец, самым наружным слоем заднего рога является пограничная зона, *zona terminalis*, в которой находятся мелкие мультиполярные клетки.

Основную часть серого вещества между ядрами составляют отдельные мелкие мультиполярные нейроны — рассеянные клетки, *cellulae disseminatae*, которые, исходя из общности некоторых характеристик (форма, размеры, функциональное значение), можно рассматривать как ядро, хотя они и не имеют компактного расположения.

На уровне 2–4-го крестцовых сегментов в промежуточном веществе находятся нервные клетки, которые составляют крестцовые парасимпатические ядра, *nuclei parasymphathici sacrales*.

Кроме того, в литературе описываются парасимпатические центры в грудном и поясничном отделах спинного мозга. Некоторые современные авторы подтверждают существование так называемой серой спайки, расположенной медиальнее симпатического ядра бокового рога, клетки которой являются антагонистами симпатической системы.

На протяжении 5–6 верхних шейных сегментов в промежутке между передним и задним рогами заложено спинномозговое ядро XI пары черепных нервов — ядро добавочного нерва, *nucleus n. accessorii*. Аксоны клеток этого ядра проходят через боковой канатик и выходят из спинного мозга между передними и задними корешками.

В студенистом веществе на уровне С<sub>1</sub>–С<sub>4</sub> находится ядро спинномозгового пути тройничного нерва, *nucleus tractus spinalis n. trigemini* (спинномозговое ядро тройничного нерва, *nucleus spinalis n. trigemini*).

Серое вещество спинного мозга окружено белым веществом, которое состоит в основном из отростков (мякотных волокон) нервных клеток. Большая часть нервных волокон в белом веществе спинного мозга идет продольно (параллельно или под очень острым углом друг к другу). Лишь в определенных ограниченных участках волокна имеют иное направление. Это волокна, составляющие корешковую зону, *zona radicularis*, расположенную медиальнее заднего рога. Они идут почти горизонтально. Такое же направление имеют волокна, происходящие от клеток собственных ядер передних рогов. Эти волокна после выхода из мозга через переднюю латеральную борозду образуют передние корешки спинномозговых нервов. Косое направление имеют нервные волокна, расположенные позади передней срединной щели, образующие переднюю бе-

люю спайку, *comissura alba anterior*. В пределах передней белой спайки нервные волокна из некоторых пучков одной половины мозга переходят на другую половину, т. е. передняя белая спайка представляет собой перекрест нервных волокон.

На каждой половине поперечного разреза спинного мозга выделяют три участка белого вещества, называемые канатиками. Различают передний, боковой и задний канатики.

Передний канатик, *funiculus anterior*, располагается между передней срединной щелью и медиальной поверхностью переднего рога. Боковой канатик, *funiculus lateralis*, находится между латеральными поверхностями переднего и заднего рогов. Задний канатик, *funiculus posterior*, занимает место между задней срединной перегородкой и медиальной поверхностью заднего рога. На поверхности спинного мозга границы между канатиками определяют передняя и задняя латеральные борозды, *sulcus anterolateralis et sulcus posterolateralis*.

Каждый канатик состоит из пучков нервных волокон (аксонов), которые объединяются по общности их происхождения, направления и функционального значения. Совокупность аксонов, обеспечивающих передачу одинаковых по функции нервных импульсов в одном и том же направлении и располагающихся в строго определенных местах центральной нервной системы, называют нервным трактом.

### 1.6.3. Сегментарный и проводниковый аппараты спинного мозга

**Сегментарный аппарат спинного мозга** — это совокупность функционально взаимосвязанных структур спинного мозга, обеспечивающих выполнение безусловных (врожденных) рефлексов, морфологической основой которых являются простые рефлекторные дуги.

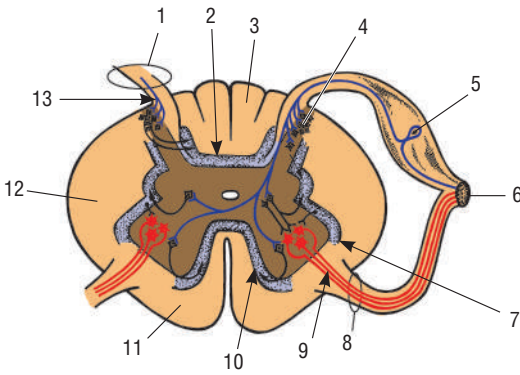
В состав сегментарного аппарата спинного мозга входят следующие структуры (рис. 1.15).

1. Заднекорешковые волокна (центральные отростки чувствительных узлов спинномозговых нервов), располагающиеся в корешковой зоне и заканчивающиеся синаптическими окончаниями на вставочных нейронах.

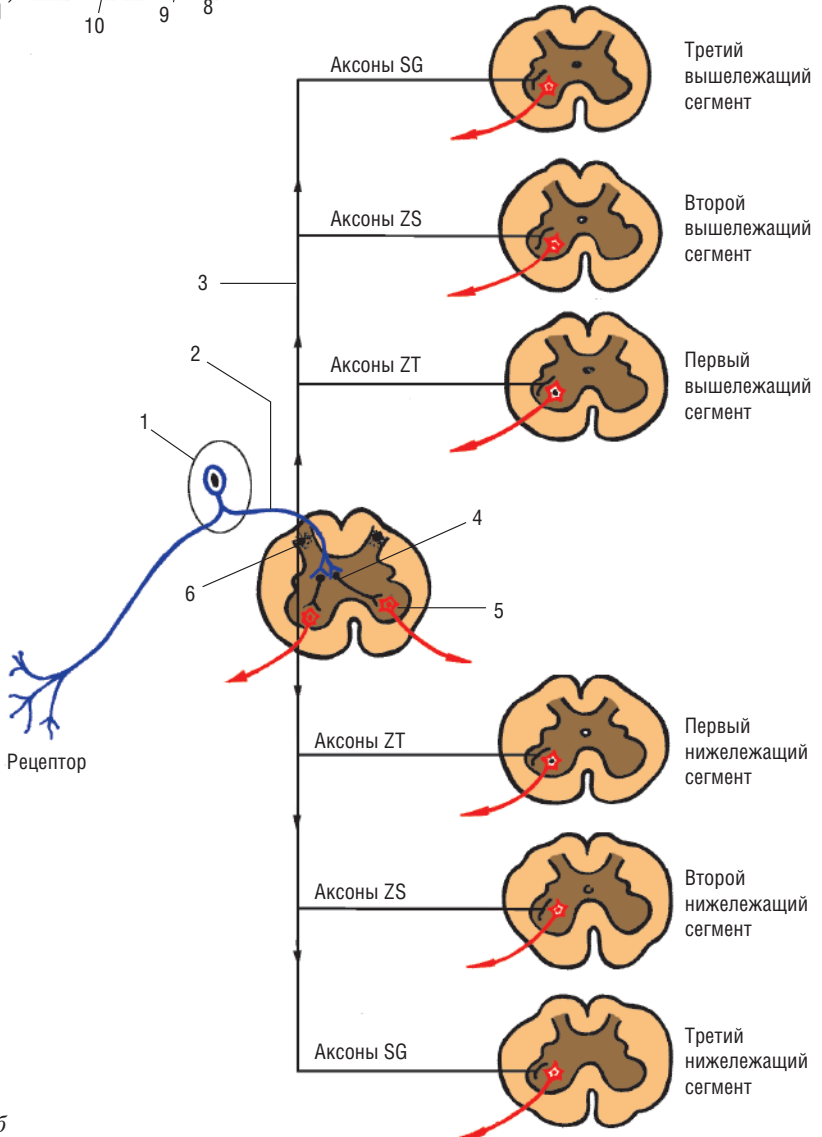
2. Вставочные нейроны, роль которых играют рассеянные клетки, клетки студенистого вещества, губчатой и терминальной зон. Рассеянные клетки обеспечивают передачу нервного импульса на уровне своего сегмента к нейронам собственных ядер передних рогов спинного мозга своей стороны. Клетки терминальной и губчатой зон передают информацию на рассеянные клетки одного-двух выше- и нижележащих сегментов. Клетки студенистого вещества передают информацию на рассеянные клетки трех-четырёх выше- и нижележащих сегментов. Таким образом, распространение информации при сильных раздражениях происходит на шесть-семь сегментов.

3. Задние, боковые и передние собственные пучки спинного мозга — это аксоны вставочных нейронов, находящихся у верхушки заднего рога (нейронов студенистого вещества, губчатой и терминальной зон), делящиеся на восходящие и нисходящие ветви и распространяющиеся на выше- и нижележащие сегменты. Собственные пучки спинного мозга на поперечном разрезе имеют вид узкой каемки белого вещества, прилежащей непосредственно к серому веществу. Аксоны вставочных нейронов имеют многочисленные коллатерали, ко-





a



b

торые заканчиваются на нейронах собственных ядер передних рогов спинного мозга выше- и нижележащих сегментов.

4. Крупные мультиполярные нейроны собственных ядер передних рогов и начальная часть их аксонов, составляющих передние корешковые волокна до выхода их из вещества спинного мозга.

Остальные элементы рефлекторных дуг безусловных рефлексов относят к периферической нервной системе (передние и задние корешки, чувствительные узлы спинномозговых нервов, спинномозговые нервы и их ветви).

Большинство вставочных нейронов сегментарного аппарата направляют свои аксоны к эффекторным нейронам своей стороны, однако имеются нейроны, аксоны которых следуют на противоположную половину спинного мозга и вызывают сокращение мускулатуры противоположной половины тела. Небольшая часть аксонов делится на две ветви, заканчивающиеся на эффекторных нейронах как своей, так и противоположной сторон. Они могут вызывать сокращение мускулатуры либо одной, либо обеих сторон тела одновременно (как это происходит при безусловно-рефлекторной реакции на сильный раздражитель).

При возникновении нервного импульса даже в одном рецепторе происходит вовлечение в нервный процесс десятков (а может быть и сотен) ассоциативных нейронов, каждый из которых вызывает возбуждение сотен или тысяч эффекторных нейронов в собственных ядрах передних рогов. Аксоны каждого из последних вызывают сокращение свыше 100 мышечных волокон. Таким образом, в результате раздражения одного рецептора осуществляется сокращение не только отдельных мышц, но и нескольких групп мышц. Это объясняется лавинообразным нарастанием нервных импульсов в сегментарном аппарате спинного мозга.

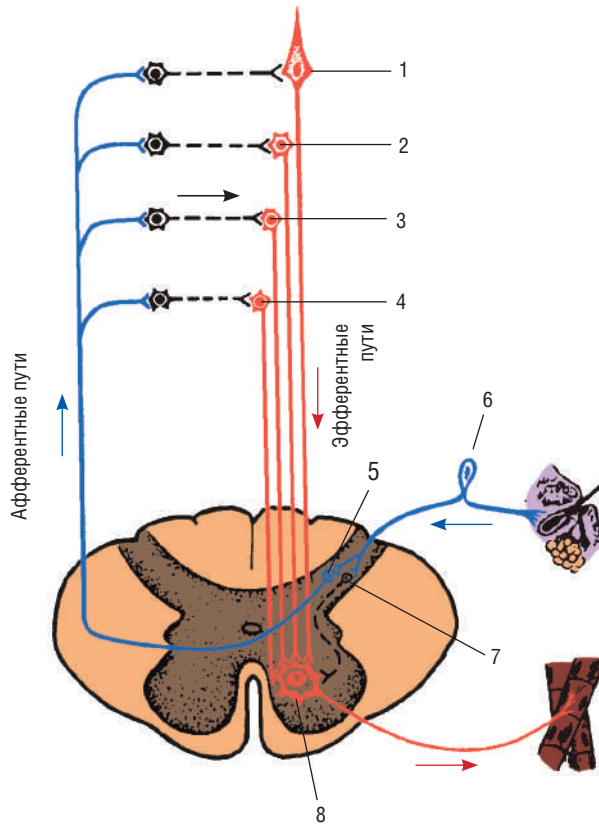
Таким образом, сегментарный аппарат спинного мозга включает все структуры серого вещества (за исключением ядер вставочных нейронов, относящихся к проводниковому аппарату), анатомически и функционально связанные с ним собственные пучки спинного мозга и соответствующие данным сегментам задние и передние корешковые волокна.

**Проводниковый аппарат спинного мозга** обеспечивает двустороннюю связь спинного мозга с интеграционными центрами головного мозга, которые находятся в коре мозжечка, в верхних холмиках среднего мозга, промежуточном мозге и в коре полушарий большого мозга (рис. 1.16). Интеграционный центр вегетативного отдела нервной системы находится в промежуточном мозге.

Проводниковый аппарат спинного мозга представлен афферентными (восходящими) и эфферентными (нисходящими) путями. Афферентные пути начинаются от нейронов чувствительных узлов спинномозговых нервов и проводят

←

**Рис. 1.15.** Сегментарный аппарат спинного мозга: *a* — структуры сегментарного аппарата спинного мозга на поперечном разрезе: 1 — *radix posterior n. spinalis*; 2 — *funiculus proprius posterior*; 3 — *funiculus posterior*; 4 — *zona terminalis, zona spongiosa, substantia gelatinosa*; 5 — *g. sensorium n. spinalis*; 6 — *n. spinalis*; 7 — *funiculus proprius lateralis*; 8 — *radix anterior n. spinalis*; 9 — переднекорешковые волокна; 10 — *funiculus proprius anterior*; 11 — *funiculus anterior*; 12 — *funiculus lateralis*; 13 — заднекорешковые волокна; *б* — схема распространения нервных импульсов и формирование полисегментной ответной реакции: 1 — *g. sensorium n. spinalis*; 2 — *radix posterior n. spinalis*; 3 — *fasciculi proprii*; 4 — *cellulae disseminatae*; 5 — *nuclei proprii cornu anterioris*; 6 — *zona spongiosa (ZS), zona terminalis (ZT), substantia gelatinosa (SG)*



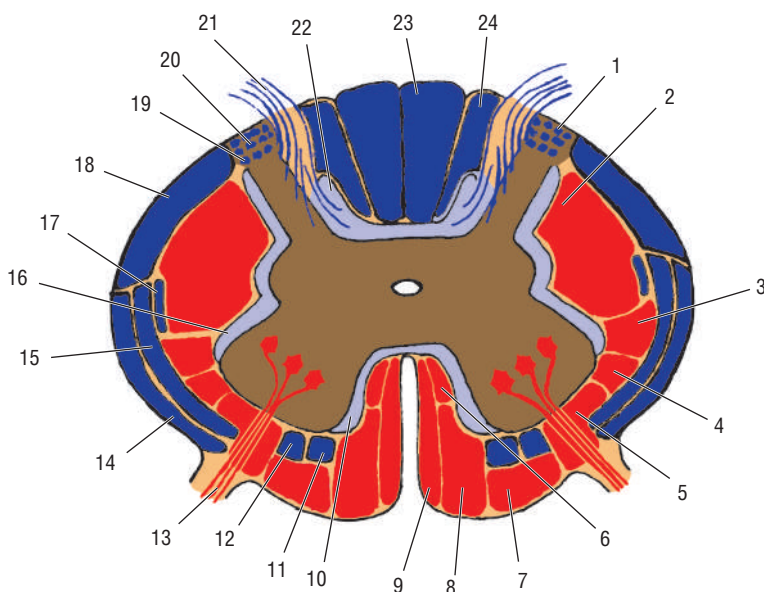
**Рис. 1.16.** Интеграционный аппарат нервной системы (схема): 1 — *cortex cerebri*; 2 — *diencephalon*; 3 — *mesencephalon*; 4 — *cerebellum*; 5 — коммуникационное ядро спинного мозга; 6 — *g. sensorium n. spinalis*; 7 — *cellulae disseminatae*; 8 — *nuclei proprii cornu anterioris*

нервные импульсы в интеграционные центры головного мозга. По ходу афферентных путей обязательно имеются вставочные нейроны, скопления которых формируют коммуникационные нервные центры. Эфферентные нервные пути образованы аксонами нейронов ядер головного мозга. Эфферентные пути заканчиваются на нейронах собственных ядер передних рогов спинного мозга или двигательных ядер черепных нервов.

Таким образом, к интеграционному аппарату в спинном мозге относят афферентные и эфферентные нервные пути (тракты) и расположенные по ходу афферентных путей коммуникационные центры (собственное ядро заднего рога, грудное ядро и промежуточно-медиальное ядро).

#### 1.6.4. Состав канатиков спинного мозга и краткая характеристика содержащихся в них проводящих путей

Местоположение наиболее важных проводящих путей спинного мозга, функционально-клиническое значение которых в настоящее время изучено достаточно полно, представлено на рис. 1.17. На схеме отражена относительная площадь отдельных трактов.



**Рис. 1.17.** Расположение проводящих путей на поперечном разрезе спинного мозга (схема): 1 — *zona terminalis*; 2 — *tr. corticospinalis lateralis*; 3 — *tr. rubrospinalis*; 4 — *tr. olivospinalis*; 5 — *tr. vestibulospinalis*; 6 — *fasciculus longitudinalis medialis*; 7 — *tr. reticulospinalis*; 8 — *tr. corticospinalis anterior*; 9 — *tr. tectospinalis*; 10 — *fasciculus proprius anterior*; 11 — *tr. spinoreticularis*; 12 — *tr. spinothalamicus anterior*; 13 — *radix anterior n. spinalis*; 14 — *tr. spinocerebellaris anterior*; 15 — *tr. spinothalamicus lateralis*; 16 — *fasciculus proprius lateralis*; 17 — *tr. spinotectalis*; 18 — *tr. spinocerebellaris posterior*; 19 — *substantia gelatinosa*; 20 — *zona spongiosa*; 21 — *radix posterior n. spinalis*; 22 — *fasciculus proprius posterior*; 23 — *fasciculus gracilis*; 24 — *fasciculus cuneatus*

**Задний канатик** содержит следующие проводящие пути:

- 1) тонкий пучок, *fasciculus gracilis* (пучок Голля);
- 2) клиновидный пучок, *fasciculus cuneatus* (пучок Бурдаха);
- 3) задний собственный пучок, *fasciculus proprius posterior*;
- 4) корешковую зону, *zona radicularis*.

**Тонкий пучок** располагается в медиальной части заднего канатика. Он образован центральными отростками псевдоуниполярных клеток 19 нижних чувствительных узлов спинномозговых нервов (Co<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>–S<sub>5</sub>, L<sub>1</sub>–L<sub>5</sub>, Th<sub>5</sub>–Th<sub>12</sub>). Эти волокна входят в спинной мозг в составе задних корешков и, не заходя в серое вещество, направляются непосредственно в задний канатик, где принимают восходящее направление. Функция нервных волокон тонкого пучка заключается в проведении импульсов сознательной проприоцептивной и, частично, тактильной чувствительности от нижних конечностей и нижней части туловища. Проприоцептивная (глубокая) чувствительность — это информация от мышц, фасций, сухожилий и суставных сумок о положении частей тела в пространстве, тоне мышц, чувстве веса, давления и вибрации.

**Клиновидный пучок** появляется в верхней половине спинного мозга и находится латеральнее тонкого пучка. Он образован центральными отростками псевдоуниполярных клеток 12 верхних чувствительных узлов спинномозговых

нервов (Th<sub>1</sub>–Th<sub>4</sub>, C<sub>1</sub>–C<sub>8</sub>). Формирование клиновидного пучка и функциональное значение его волокон такие же, как и тонкого пучка. Он проводит нервные импульсы от рецепторов мышц шеи, верхних конечностей и верхней части туловища.

**Задний собственный пучок** представляет собой аксоны вставочных нейронов, принадлежащих сегментарному аппарату. Они располагаются с медиальной стороны заднего рога, ориентированы в краниокаудальном направлении.

**Корешковая зона** образована горизонтально расположенными нервными волокнами (центральными отростками псевдоуниполярных клеток). Она находится в заднелатеральной части заднего канатика.

Таким образом, задний канатик содержит чувствительные нервные волокна: два афферентных тракта, заднекорешковые волокна и задний собственный пучок спинного мозга.

**Боковой канатик** содержит следующие проводящие пути:

- 1) задний спинно-мозжечковый путь, *tractus spinocerebellaris posterior* (пучок Флексига);
- 2) передний спинно-мозжечковый путь, *tractus spinocerebellaris anterior* (пучок Говерса);
- 3) латеральный спинно-таламический путь, *tractus spinothalamicus lateralis*;
- 4) латеральный корково-спинномозговой путь, *tractus corticospinalis lateralis*;
- 5) краснаядерно-спинномозговой путь, *tractus rubrospinalis* (пучок Монакова);
- 6) оливо-спинномозговой путь, *tractus olivospinalis*; спинно-оливный путь, *tractus spinoolivaris*;
- 7) спинно-крышечный путь, *tractus spinotectalis*;
- 8) латеральный собственный пучок, *fasciculus proprius lateralis*.

**Задний спинно-мозжечковый путь** располагается в заднелатеральной части бокового канатика. Он образован аксонами клеток грудного ядра только своей стороны. Роль данного тракта заключается в проведении импульсов бессознательной проприоцептивной чувствительности от туловища, конечностей и шеи.

**Передний спинно-мозжечковый путь** располагается в переднелатеральной части бокового канатика. Он образован аксонами клеток промежуточно-медиального ядра частично своей и частично — противоположной сторон. Нервные волокна с противоположной стороны идут в составе передней белой спайки. Передний спинно-мозжечковый путь играет такую же роль, как и задний.

**Латеральный спинно-таламический путь** располагается медиальнее переднего спинно-мозжечкового тракта. Он образован аксонами клеток собственного ядра заднего рога. Они переходят на противоположную сторону в составе передней белой спайки, косо поднимаясь на два-три сегмента. Латеральный спинно-таламический путь проводит импульсы болевой и температурной чувствительности от туловища, конечностей и шеи.

**Латеральный корково-спинномозговой путь** располагается в медиально-задней части бокового канатика. По площади он занимает около 40% бокового канатика. Нервные волокна латерального корково-спинномозгового пути являются аксонами пирамидных клеток коры полушарий большого мозга противоположной стороны, поэтому его также называют пирамидным трактом.

В спинном мозге эти волокна по сегментно заканчиваются синапсами на двигательных клетках собственных ядер передних рогов. Роль данного тракта проявляется в выполнении сознательных (произвольных) движений и в тормозном воздействии на нейроны собственных ядер передних рогов спинного мозга.

**Красноядерно-спинномозговой путь** располагается в середине передней части бокового канатика. Он образован аксонами клеток красного ядра среднего мозга противоположной стороны. На противоположную сторону аксоны переходят еще в среднем мозге. Заканчиваются волокна в спинном мозге на нейронах собственных ядер передних рогов. Функция красноядерно-спинномозгового тракта заключается в обеспечении длительного поддержания тонуса скелетных мышц (в удобной позе) и выполнении сложных автоматических безусловно-рефлекторных движений (бег, ходьба).

**Оливо-спинномозговой и спинно-оливный пути** располагаются в переднемедиальной части бокового канатика. Оливо-спинномозговой путь формируется аксонами ядер оливы продолговатого мозга своей стороны. Нервные волокна этих путей заканчиваются на двигательных клетках собственных ядер передних рогов спинного мозга. Спинно-оливный путь образован частью аксонов грудного и промежуточно-медиального ядра, заканчивающихся на ядрах оливы продолговатого мозга. Функция указанных трактов — обеспечение безусловно-рефлекторной регуляции тонуса мышц и безусловно-рефлекторных движений при изменениях положения тела в пространстве (при вестибулярных нагрузках).

**Спинно-крышечный путь** располагается медиальнее латерального спинно-таламического тракта. Образован аксонами клеток собственного ядра заднего рога противоположной стороны и заканчивается на клетках ядер верхних холмиков среднего мозга. Он проводит импульсы бессознательной болевой, температурной и тактильной чувствительности от туловища, шеи и конечностей.

**Латеральный собственный пучок** — это тонкий пучок аксонов вставочных нейронов, относящихся к сегментарному аппарату. Располагается в непосредственной близости к серому веществу. Эти волокна обеспечивают передачу нервных импульсов нейронам собственных ядер передних рогов на выше- и нижележащие сегменты.

Таким образом, боковой канатик содержит восходящие (афферентные), нисходящие (эфферентные) и собственный пучки, т. е. по составу проводящих путей является смешанным. Следовательно, повреждения бокового канатика проявляются как чувствительными, так и двигательными расстройствами.

**Передний канатик** содержит следующие тракты:

- 1) крыше-спинномозговой путь, *tractus tectospinalis*;
- 2) передний корково-спинномозговой путь, *tractus corticospinalis anterior*;
- 3) ретикулярно-спинномозговой путь, *tractus reticulospinalis*, и спинно-ретикулярный путь, *tractus spinoreticularis*;
- 4) передний спинно-таламический путь, *tractus spinothalamicus anterior*;
- 5) медиальный продольный пучок, *fasciculus longitudinalis medialis*;
- 6) преддверно-спинномозговой путь, *tractus vestibulospinalis*;
- 7) передний собственный пучок, *fasciculus proprius anterior*.

**Крыше-спинномозговой путь** располагается в медиальной части переднего канатика, прилежит к передней срединной щели. Этот тракт образован аксо-

нами нейронов верхних холмиков среднего мозга противоположной стороны. Перекрест волокон осуществляется в среднем мозге. Заканчиваются волокна в спинном мозге на двигательных клетках собственных ядер передних рогов. Роль крыше-спинномозгового тракта заключается в выполнении безусловно-рефлекторных движений в ответ на сильные световые, звуковые, обонятельные и тактильные раздражения (защитные рефлексы).

**Передний корково-спинномозговой путь** располагается в переднем отделе переднего канатика, латеральнее крыше-спинномозгового пути. Тракт образован аксонами пирамидных клеток коры полушарий большого мозга, поэтому данный тракт называют так же, как и латеральный корково-спинномозговой путь, — пирамидным. В спинном мозге его волокна заканчиваются на нейронах собственных ядер передних рогов. Для мускулатуры конечностей волокна в составе передней белой спайки постепенно переходят на противоположную сторону. Для мускулатуры туловища волокна идут как на свою, так и на противоположную сторону. Функция данного тракта такая же, как латерального корково-спинномозгового пути.

**Ретикулярно-спинномозговой и спинно-ретикулярный пути** располагаются латеральнее переднего корково-спинномозгового пути. Эти тракты представляют собой совокупность аксонов нейронов ретикулярной формации головного мозга (нисходящие волокна) и спинного мозга (восходящие волокна). Тракты ретикулярной формации играют важную роль в поддержании тонуса мускулатуры; кроме того, они производят дифференцировку импульсов, проходящих по другим трактам.

**Передний спинно-таламический путь** располагается латеральнее от спинно-ретикулярного пути. Он формируется, как и латеральный спинно-таламический путь, аксонами клеток собственного ядра заднего рога противоположной стороны. Функция его заключается в основном в проведении импульсов тактильной чувствительности.

**Медиальный продольный пучок** располагается в заднем отделе переднего канатика. Он образован аксонами клеток ядра Кахала и ядра Даркшевича, находящихся в среднем мозге. Аксоны заканчиваются в спинном мозге на двигательных клетках собственных ядер передних рогов шейных сегментов. Функция пучка — обеспечение сочетанного поворота головы и глаз.

**Преддверно-спинномозговой путь** располагается на границе переднего и латерального канатиков. Путь формируется аксонами преддверных ядер моста своей стороны. Он заканчивается на двигательных клетках собственных ядер передних рогов спинного мозга. Функция данного пути — обеспечение безусловно-рефлекторной регуляции тонуса мышц и безусловно-рефлекторных движений при изменениях положения тела в пространстве (при вестибулярных нагрузках).

**Передний собственный пучок** располагается в переднем канатике с медиальной стороны переднего рога. Этот пучок образован аксонами вставочных нейронов, относящихся к сегментарному аппарату. Он обеспечивает передачу нервных импульсов к нейронам собственных ядер передних рогов на выше- и нижележащие сегменты.

Таким образом, передний канатик содержит преимущественно эфферентные волокна. Аfferентные тракты представлены лишь незначительными пуч-

ками, следовательно, при повреждениях переднего канатика на первый план выступают нарушения функции эфферентных трактов.

После краткой характеристики отдельных проводящих путей целесообразно выделить некоторые общие закономерности для афферентных и эфферентных путей:

- 1) афферентные нервные пути в составе канатиков спинного мозга образуются либо центральными отростками псевдоуниполярных клеток чувствительных узлов спинномозговых нервов, либо аксонами вставочных нейронов коммуникационных ядер;
- 2) афферентные нервные пути включают не менее трех нейронов: I — рецепторный; II — вставочный нейрон коммуникационного ядра (вставочных нейронов может быть несколько); III — последний вставочный нейрон находится в интеграционном центре головного мозга;
- 3) эфферентные нервные пути всегда двухнейронные: I нейрон располагается в интеграционном центре головного мозга, который по отношению к рефлекторной дуге является вставочным; II нейрон (эффекторный) представлен двигательными клетками собственных ядер передних рогов спинного мозга;
- 4) клетки собственных ядер передних рогов спинного мозга по своей структуре и функции неоднородны. Различают большие мотонейроны, малые мотонейроны и гамма-мотонейроны. На больших мотонейронах заканчиваются нисходящие тракты, идущие от клеток коры полушарий большого мозга (пирамидные тракты). Они обеспечивают выполнение произвольных движений. На малых мотонейронах заканчиваются экстрапирамидные тракты и аксоны вставочных нейронов сегментарного аппарата спинного мозга, обеспечивающие выполнение безусловно-рефлекторных двигательных актов. На гамма-мотонейронах заканчиваются волокна ретикулярно-спинномозгового пути, который проводит импульсы, обеспечивающие поддержание тонуса мускулатуры.

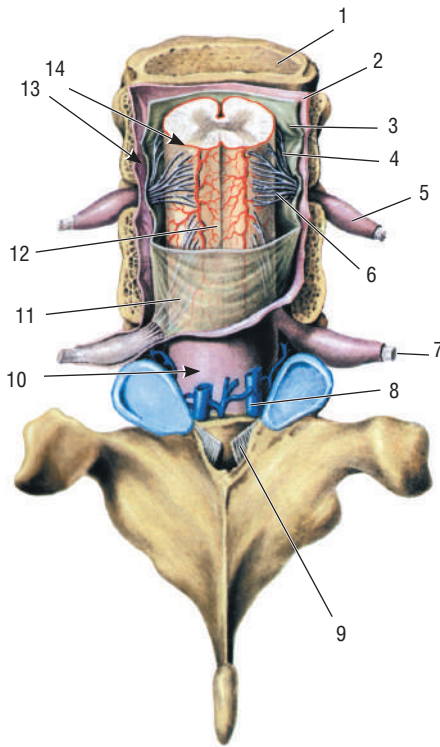
### 1.6.5. Оболочки и межоболочечные пространства спинного мозга

Спинной мозг располагается в позвоночном канале. Между стенками канала и поверхностью спинного мозга остается пространство шириной 3–6 мм, в котором находятся мозговые оболочки и содержимое межоболочечных пространств. Спинной мозг покрывают три оболочки: мягкая, паутинная и твердая.

**Мягкая оболочка спинного мозга**, *pia mater spinalis*, прилежит непосредственно к поверхности спинного мозга. Она чрезвычайно богата кровеносными сосудами, которые обеспечивают кровоснабжение спинного мозга. Вверху эта оболочка переходит в мягкую оболочку головного мозга. Внизу она включается в мягкооболочечную часть терминальной нити, *pars pialis fili terminalis*, а далее, соединившись с другими оболочками, продолжается в составе твердооболочечной части терминальной нити, *pars duralis fili terminalis*.

Мягкая оболочка спинного мозга — прочная и достаточно эластичная. Она плотно охватывает спинной мозг, поэтому при ее рассечении на свежем препарате выпячивается вещество мозга. Толщина мягкой оболочки составляет





**Рис. 1.18.** Оболочки и межоболочечные пространства спинного мозга: 1 — *corpus vertebrae*; 2 — *dura mater spinalis*; 3 — *arachnoidea spinalis*; 4 — *radix anterior n. spinalis*; 5 — *ganglion sensorium n. spinalis*; 6 — *radix posterior n. spinalis*; 7 — *n. spinalis*; 8 — *plexus venosus vertebralis internus*; 9 — *lig. flavum*; 10 — *spatium epidurale*; 11 — *lig. denticulatum* (проекция); 12 — *pia mater spinalis*; 13 — *spatium subarachnoideum*; 14 — *spatium subdurale*

держит кровеносных сосудов. В области большого отверстия она переходит в паутинную оболочку головного мозга, а внизу, на уровне II крестцового позвонка, сливается с мягкой оболочкой спинного мозга. От боковой поверхности паутинной оболочки отходят отростки, которые образуют влагалища для пронизывающих ее корешков спинномозговых нервов и зубчатых связок.

**Твердая оболочка спинного мозга, *dura mater spinalis***, является самой наружной оболочкой (рис. 1.18). Она представляет собой длинную соединительно-тканную трубку, отделенную от надкостницы позвонков (*endorachis*) эпидуральным пространством, *spatium epidurale* (перидуральным пространством, *spatium peridurale*). Вверху в области большого отверстия она продолжается в твердую оболочку головного мозга. Внизу твердая оболочка заканчивается конусом, идущим до уровня II крестцового позвонка. Ниже этого уровня она сливается с другими

примерно 0,15 мм. Мягкая оболочка спинного мозга имеет розовато-белый цвет. В ней содержатся сплетения кровеносных сосудов, при этом наиболее отчетливо видны вены, которые на препарате, как правило, заполнены сгустками крови.

От наружной поверхности мягкой оболочки отходят многочисленные соединительнотканнные волокна к паутинной оболочке. От латеральной поверхности мягкой оболочки, ближе к передним корешкам спинномозговых нервов, отходят зубчатые связки, *ligg. denticulata*. Они располагаются во фронтальной плоскости и имеют вид треугольных зубцов. Вершущки зубцов этих связок охватываются отростками паутинной оболочки и заканчиваются на внутренней поверхности твердой оболочки посередине между двумя соседними спинномозговыми нервами. Дупликатура мягкой оболочки погружается в переднюю срединную щель еще в процессе развития спинного мозга и у взрослого человека приобретает вид перегородки.

**Паутинная оболочка спинного мозга, *arachnoidea mater spinalis***, находится снаружи от мягкой оболочки. Она представляет собой тонкую прозрачную пленку толщиной 0,01–0,03 мм. Паутинная оболочка не сплошная, имеет щелевидные отверстия, не содержит кровеносных сосудов.

оболочками спинного мозга в общую оболочку терминальной нити. Толщина твердой оболочки спинного мозга составляет от 0,5 до 1,0 мм. Между твердой оболочкой и *endorachis* имеются соединительнотканые тяжи. Они более многочисленны в шейной области и затрудняют извлечение твердой оболочки спинного мозга из позвоночного канала.

От боковой поверхности твердой оболочки отделяются отростки в виде рукавов для спинномозговых нервов. Эти оболочечные влагалища проходят в межпозвоночные отверстия, покрывают чувствительный узел спинномозгового нерва и продолжают в периневральное влагалище спинномозгового нерва.

Между внутренней поверхностью позвоночного канала и твердой оболочкой находится пространство, которое называется эпидуральным или перидуральным, *spatium epidurale seu peridurale*. Содержимым этого пространства являются жировая клетчатка и внутренние позвоночные венозные сплетения, *plexus venosi vertebrales interni*. Между твердой и паутинной оболочками имеется пространство в виде тонкой щели — субдуральное пространство, *spatium subdurale*, содержащее небольшое количество спинномозговой жидкости. Между паутинной и мягкой оболочками находится подпаутинное пространство, *spatium subarachnoideum*, содержащее спинномозговую жидкость, *liquor cerebrospinalis*.

## 1.7. ГОЛОВНОЙ МОЗГ

### 1.7.1. Общие данные

Головной мозг, *encephalon*, является высшим отделом центральной нервной системы. В нем выделяют **ствол головного мозга**, *truncus encephali*, **мозжечок**, *cerebellum*, и **большой мозг**, *cerebrum*. На ранних стадиях развития (3-я неделя внутриутробного развития) головной мозг представлен ромбовидным, средним и передним мозговыми пузырями (табл. 1.2). В дальнейшем из ромбовидного мозга развиваются продолговатый и задний мозг (рис. 1.19). Задний мозг включает мост, мозжечок и перешеек ромбовидного мозга. Из переднего мозга дифференцируются конечный и промежуточный мозг (5-я неделя внутриутробного развития).

Стол головного мозга — это филогенетически древняя его часть, в которой располагаются структуры, относящиеся к сегментарному аппарату головного мозга, а также подкорковые центры слуха, зрения, обоняния и тактильной чувствительности. Стол головного мозга образуют продолговатый мозг, мост и средний мозг. С ними анатомически и функционально связаны 10 пар черепных нервов (с III по XII). II пара черепных нервов — зрительный нерв, связана с промежуточным мозгом, I пара черепных нервов — обонятельные нервы — с конечным. Пространственное расположение отделов головного мозга представлено на рис. 1.20.

Структуры внутри вещества ствола головного мозга условно можно разделить на три зоны.

I зона — основание ствола мозга (соответствует вентральной поверхности). В нем проходят нисходящие (эфферентные) пирамидные тракты, начинающиеся от коры полушарий большого мозга: корково-спинномозговой и

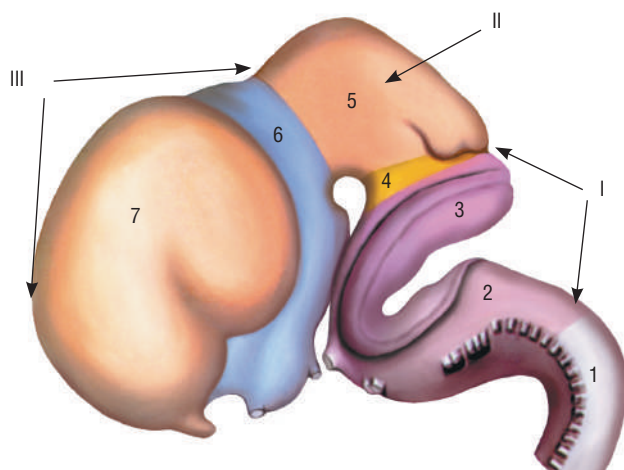
Таблица 1.2. Классификация отделов головного мозга

Стадия трех мозговых пузырей	Стадия пяти мозговых пузырей	Полость мозгового пузыря
I. Ромбовидный мозг, <i>rhombencephalon</i>	I. Продолговатый мозг, <i>myelencephalon</i> ( <i>bulbus cerebri, medulla oblongata</i> )	IV желудочек, <i>ventriculus quartus</i>
	II. Задний мозг, <i>metencephalon</i> : 1. Мост, <i>pons</i> . 2. Мозжечок, <i>cerebellum</i> . 3. Перешеек ромбовидного мозга, <i>isthmus rhombencephali</i>	
II. Средний мозг, <i>mesencephalon</i>	III. Средний мозг, <i>mesencephalon</i> : 1. Пластинка крыши, <i>lamina tecti</i> . 2. Ножки мозга, <i>pedunculi cerebri</i>	Водопровод мозга, <i>aqueductus cerebri</i>
III. Передний мозг, <i>prosencephalon</i>	IV. Промежуточный мозг, <i>diencephalon</i> : 1. Таламический мозг, <i>thalamencephalon</i> . 2. Гипоталамус, <i>hypothalamus</i>	III желудочек, <i>ventriculus tertius</i>
	V. Конечный мозг, <i>telencephalon</i> : 1. Полушария большого мозга (плащ), <i>hemispheria cerebri (pallium)</i> . 2. Базальные ядра, <i>nuclei basales</i> . 3. Обонятельный мозг, <i>rhinencephalon</i>	Боковые желудочки, <i>ventriculi laterales</i>

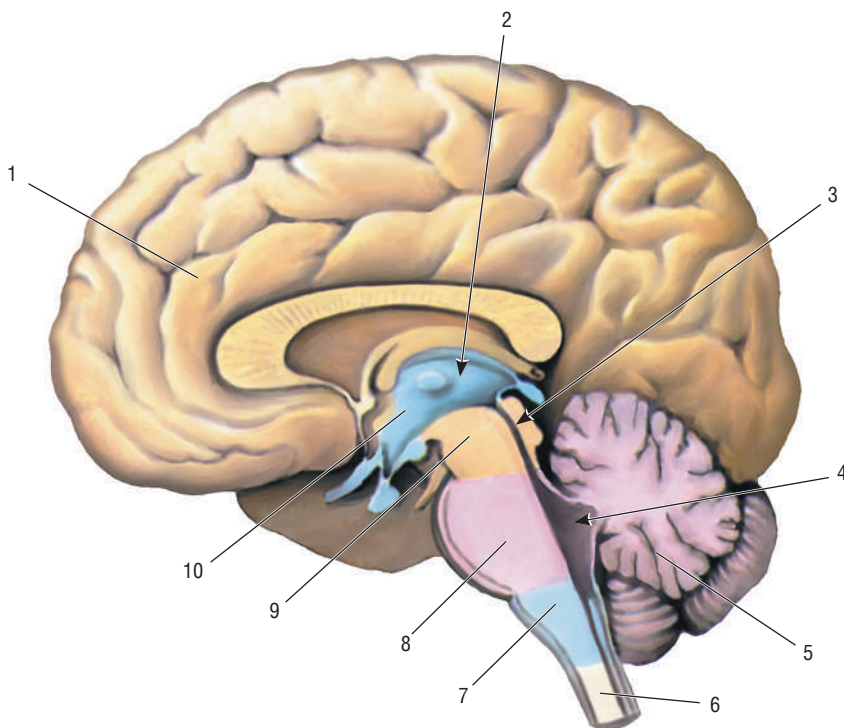
корково-ядерный пути. Они отвечают за выполнение точных, заранее продуманных, предуготованных, осознанных движений и оказывают тормозное воздействие на сегментарный аппарат. При повреждении вентральной поверхности ствола мозга возникает центральный паралич, при частичном повреждении — центральный парез. При параличе отмечается невозможность выполнения произвольных движений, при парезе — снижение силы мышц. Эти состояния также характеризуются повышением мышечного тонуса (гипертонусом), усилением рефлексов (гиперрефлексией) и появлением патологических рефлексов.

II зона — крышка ствола (соответствует средней зоне). В ней проходят афферентные (восходящие) тракты и эфферентные экстрапирамидные тракты, начинающиеся от подкорковых двигательных центров. Кроме того, в крышке располагаются клетки и ядра ретикулярной формации, ядра черепных нервов и подкорковые двигательные центры экстрапирамидной системы, которые безусловно-рефлекторно регулируют тонус мышц и обеспечивают непроизвольные движения. При поражении крышки ствола мозга возникают чувствительные расстройства, нарушения тонуса мышц, функций черепных нервов и жизненно важных функций (дыхание, тонус сосудов, сердечная деятельность).

III зона — крыша ствола головного мозга расположена дорсальнее полости нервной трубки. Она представлена подкорковым интеграционным центром среднего мозга — пластинкой крыши. Интеграционный центр среднего мозга обеспечивает безусловно-рефлекторные движения на сильные и неожиданные



**Рис. 1.19.** Развитие головного мозга (схема): I — *rhombencephalon*; II — *mesencephalon*; III — *prosencephalon*; 1 — *medulla spinalis*; 2 — *medulla oblongata*; 3 — *metencephalon*; 4 — *isthmus rhombencephali*; 5 — *mesencephalon*; 6 — *diencephalon*; 7 — *telencephalon*



**Рис. 1.20.** Пространственные взаимоотношения структур головного мозга (сагиттальный разрез): 1 — *telencephalon*; 2 — *ventriculus tertius*; 3 — *aqueductus cerebri*; 4 — *ventriculus quartus*; 5 — *cerebellum*; 6 — *medulla spinalis*; 7 — *medulla oblongata*; 8 — *pons*; 9 — *mesencephalon*; 10 — *diencephalon*

раздражения. Мозжечок является интеграционным центром ромбовидного мозга. Он обеспечивает координацию движений.

Промежуточный мозг, развившийся из заднего отдела переднего мозгового пузыря, функционально и морфологически связан с органом зрения. В нем формируются коммуникационные центры всех видов чувствительности и интеграционный центр вегетативных функций. Конечный мозг, также развившийся из переднего мозгового пузыря, составляет новый мозг. Это филогенетически новейшее образование, в котором находятся высшие интеграционные центры. Они осуществляют сознательный анализ поступившей информации и ответные произвольные движения.

Следует обратить внимание, что от спинного мозга и чувствительных ядер черепных нервов к подкорковым интеграционным центрам (мозжечок, средний мозг и промежуточный мозг) идут бессознательные афферентные пути, а к интеграционным центрам коры полушарий большого мозга — сознательные афферентные пути. От подкорковых интеграционных центров к двигательным ядрам черепных нервов и к двигательным ядрам передних рогов спинного мозга направляются экстрапирамидные эфферентные пути (обеспечивают бессознательные движения), а от коры полушарий большого мозга — пирамидные эфферентные пути. Они обеспечивают осознанные произвольные движения.

## 1.7.2. Продолговатый мозг

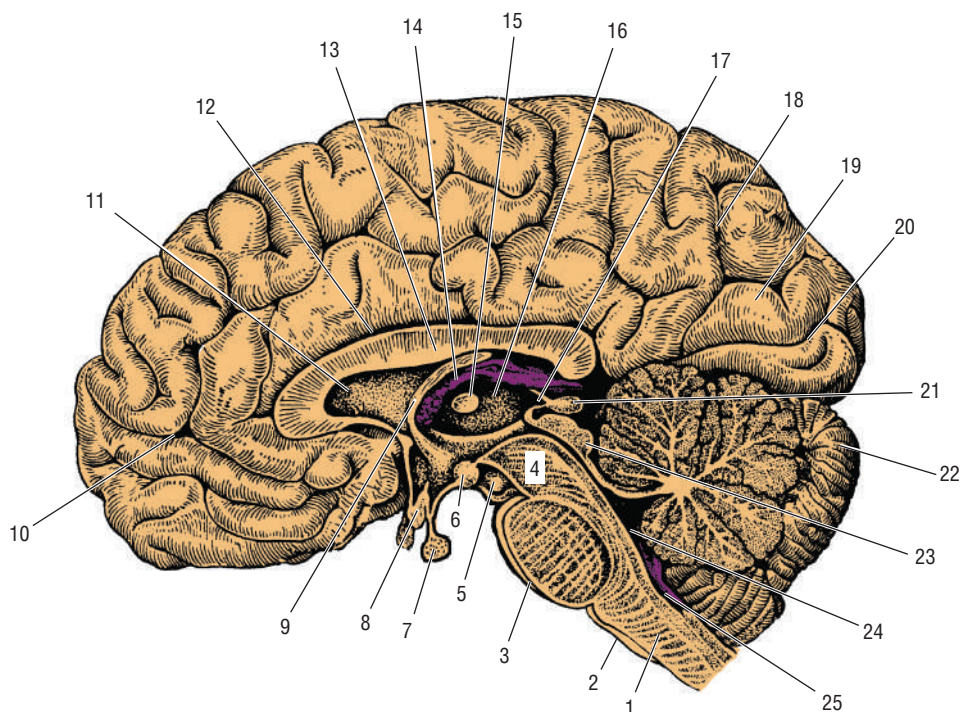
### Внешняя форма

Продолговатый мозг, *myelencephalon (bulbus cerebri, medulla oblongata)*, является непосредственным продолжением спинного мозга (рис. 1.21). Он имеет форму усеченного конуса, основанием обращенного вверх. Его средняя длина у мужчин составляет 29 мм, у женщин несколько меньше — 27 мм. Ширина продолговатого мозга в месте перехода в мост — 17–18 мм, толщина на границе со спинным мозгом — 10, а на границе с мостом — 14 мм. Средняя масса — около 6 г.

Своей вентральной поверхностью продолговатый мозг прилегает к нижней части ската и к зубу II шейного позвонка. Чтобы понять строение продолговатого мозга, необходимо вспомнить, что по развитию в онтогенезе он представляет собой сегмент нервной трубки. Однако в процессе органогенеза боковые стенки первоначальной нервной трубки становятся значительно толще, а дорсальная стенка истончается и сохраняется лишь в виде тонкой пластинки. Она представляет собой эпендимальный эпителий, к которому прилегает снаружи сосудистая оболочка. При изготовлении анатомического препарата эта часть дорсальной стенки продолговатого мозга обычно разрушается.

Продолговатый мозг имеет вентральную (рис. 1.22), дорсальную и боковые поверхности.

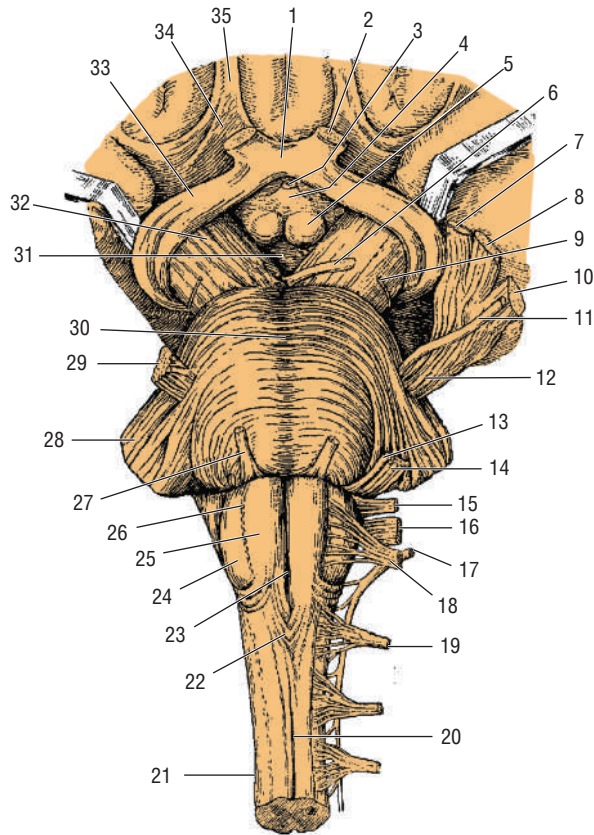
На вентральной поверхности продолговатого мозга располагается передняя срединная щель, *fissura mediana anterior*, которая является непосредственным продолжением такой же щели спинного мозга.



**Рис. 1.21.** Сагиттальный разрез головного мозга: 1 — *medulla oblongata*; 2 — *oliva*; 3 — *pons*; 4 — *pedunculus cerebri*; 5 — *n. oculomotorius*; 6 — *corpus mamillare*; 7 — *hypophysis*; 8 — *chiasma opticum*; 9 — *fornix*; 10 — *lobus frontalis*; 11 — *septum pellucidum*; 12 — *sulcus corporis callosi*; 13 — *corpus callosum*; 14 — *tela choroidea ventriculi tertii*; 15 — *adhesio interthalamica*; 16 — *thalamus*; 17 — *recessus pinealis*; 18 — *sulcus parietooccipitalis*; 19 — *lobus occipitalis*; 20 — *sulcus calcarinus*; 21 — *epiphysis*; 22 — *cerebellum*; 23 — *lamina tecti*; 24 — *ventriculus quartus*; 25 — *tela choroidea ventriculi quarti*

По обе стороны от щели располагаются два продольных валика. Это пирамиды продолговатого мозга, *pyramides medullae oblongatae*, образованные нервными волокнами нисходящего направления. На границе продолговатого мозга со спинным мозгом большая часть волокон каждой пирамиды переходит на противоположную сторону, в результате образуется перекрест пирамид, *decussatio pyramidum*. По перекресту пирамид определяется нижняя граница продолговатого мозга. Она располагается на уровне первого шейного позвонка. Латеральнее пирамид находится передняя латеральная борозда, *sulcus anterolateralis*, которая является продолжением одноименной борозды спинного мозга. Эта борозда хорошо различима в верхней части органа, где из нее выходят корешки подъязычного нерва. В нижней части борозда прерывается поперечно идущими наружными дугообразными волокнами, *fibrae arcuatae externae*.

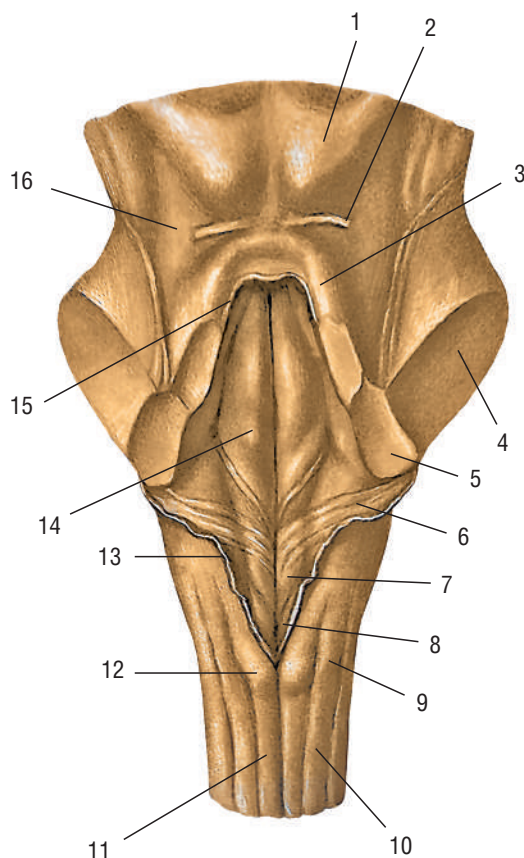
Латерально от верхней части передней латеральной борозды выступает овальной формы возвышение, называемое оливой. Олива, *oliva*, имеет длину около



**Рис. 1.22.** Вентральная поверхность ствола головного мозга: 1 — *chiasma opticum*; 2 — *n. opticus*; 3 — *infundibulum*; 4 — *tuber cinereum*; 5 — *corpus mamillare*; 6 — *n. oculomotorius*; 7 — *n. ophthalmicus*; 8 — *n. maxillaris*; 9 — *n. trochlearis*; 10 — *n. mandibularis*; 11 — *radix motoria n. trigemini*; 12 — *radix sensoria n. trigemini*; 13 — *n. facialis*; 14 — *n. vestibulocochlearis*; 15 — *n. glossopharyngeus*; 16 — *n. vagus*; 17 — *n. accessorius*; 18 — *n. hypoglossus*; 19 — *n. spinalis I*; 20, 23 — *fissura mediana anterior*; 21 — *medulla spinalis*; 22 — *decussatio pyramidum*; 24 — *oliva*; 25 — *pyramis*; 26 — *sulcus anterolateralis*; 27 — *n. abducens*; 28 — *pedunculus cerebellaris medius*; 29 — *n. trigeminus*; 30 — *pons (s. basilaris)*; 31 — *fossa interpeduncularis*; 32 — *pedunculus cerebri*; 33 — *tr. opticus*; 34 — *trigonum olfactorium*; 35 — *tr. olfactorius*

15 мм и ширину 5–6 мм. Ее верхний конец находится вблизи моста. Латеральнее оливы находится задняя латеральная борозда, *sulcus posterolateralis*, продолговатого мозга, которая не соответствует задней латеральной борозде спинного мозга. Из этой борозды продолговатого мозга выходят краниальные корешки добавочного нерва, корешки блуждающего и языкоглоточного нервов.

Дорсальная поверхность продолговатого мозга имеет различное строение в верхней и нижней частях (рис. 1.23). Основу верхней части этой поверхности представляет нижний отдел ромбовидной ямки — небольшое углубление треугольной формы. Рельеф ямки будет описан в подразделе 1.7.5.



**Рис. 1.23.** Дорсальная поверхность ствола головного мозга (мозжечок удален): 1 — *colliculus inferior*; 2 — *n. trochlearis*; 3 — *pedunculus cerebellaris superior*; 4 — *pedunculus cerebellaris medius*; 5 — *pedunculus cerebellaris inferior*; 6 — *striae medullares ventriculi quarti*; 7 — *trigonum n. vagi*; 8 — *trigonum n. hypoglossi*; 9 — *tuberculum cuneatum*; 10 — *fasciculus cuneatus*; 11 — *fasciculus gracilis*; 12 — *tuberculum gracile*; 13 — *tela choroidea ventriculi quarti* (контур); 14 — *colliculus facialis*; 15 — *velum medullare superius*; 16 — *trigonum lemnisci*

По сторонам от задней срединной борозды, *sulcus medianus posterior*, располагаются тонкий и клиновидный пучки, *fasciculus gracilis et fasciculus cuneatus*, являющиеся продолжением задних канатиков спинного мозга. В области нижнего угла ромбовидной ямки они образуют небольшие утолщения, называемые, соответственно, тонким и клиновидным бугорками, *tuberculum gracile et tuberculum cuneatum*. Примерно на середине длины продолговатого мозга они расходятся латерально и вверх, а затем продолжают в виде толстых валиков, называемых нижними мозжечковыми ножками, *pedunculi cerebellares inferiores*, которые погружаются в мозжечок. Между правой и левой нижними мозжечковыми ножками образуется площадка треугольной формы, которая представляет собой нижнюю половину ромбовидной ямки.

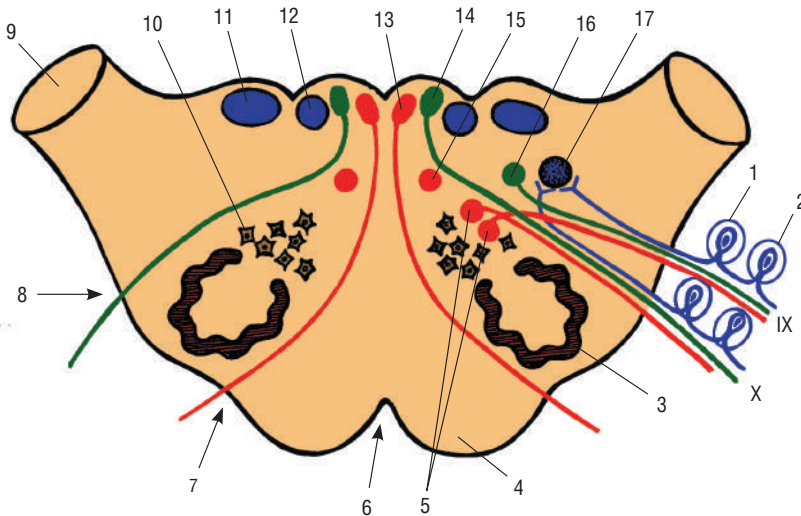


### Внутреннее строение

В образовании продолговатого мозга принимают участие как серое, так и белое вещества.

**Серое вещество**, в отличие от спинного мозга, теряет форму бабочки, распределяется неравномерно и представлено четырьмя группами ядер (рис. 1.24).

Первая группа — тонкое и клиновидное ядра, *nuclei gracilis et cuneatus*, расположенные в толще тонкого и клиновидного бугорков. Эти ядра состоят из нейронов, на которых заканчиваются волокна тонкого и клиновидного пучков (пучков Голля и Бурдаха). Большая часть аксонов клеток тонкого и клиновидного ядер (80%) объединяются в единый пучок и направляются сначала вентрально, затем переходят на противоположную сторону и резко поворачивают вверх. Пучок этих волокон получил название медиальной петли, *lemniscus medialis*. Перекрещивающиеся по срединной линии волокна образуют перекрест медиальных петель, *decussatio lemniscorum medialis*, — чувствительный перекрест. Волокна медиальной петли заканчиваются в ядрах таламуса, поэтому тракт, идущий от нейронов тонкого и клиновидного ядер, имеет второе название бульбарно-таламический путь, *tr. bulbothalamicus (lemniscus medialis)*. Меньшая часть аксонов клеток тонкого и клиновидного ядер (20%) направляется кпереди и выходит на вентральную поверхность продолговатого мозга в области передней срединной щели. Затем они огибают пирамиды и в составе нижних мозжечковых ножек входят в мозжечок. Эти волокна составляют бульбарно-мозжечковый путь, *tr. bulbo cerebellaris*. В отличие от волокон меди-



**Рис. 1.24.** Схема расположения ядер продолговатого мозга: 1 — *g. superius*; 2 — *g. inferius*; 3 — *nuclei olivae*; 4 — *pyramis*; 5 — *nucleus ambiguus*; 6 — *fissura mediana anterior*; 7 — *s. anterolateralis*; 8 — *s. posterolateralis*; 9 — *pedunculus cerebellaris inferior*; 10 — *nuclei formatio reticularis*; 11 — *nucleus cuneatus*; 12 — *nucleus gracilis*; 13 — *nucleus n. hypoglossi*; 14 — *nucleus dorsalis n. vagi*; 15 — *nucleus motorius n. accessorii*; 16 — *nucleus salivatorius inferior*; 17 — *nuclei tractus solitarii*; IX — *n. glossopharyngeus*; X — *n. vagus*