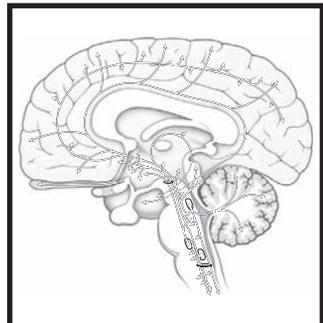
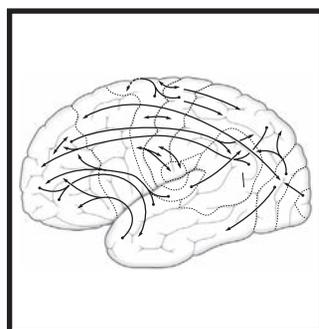
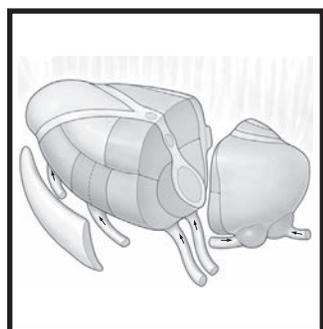


---

## Глава 8 Передний мозг: промежуточный мозг и конечный мозг



Таламус иногда называют «воротами» коры головного мозга. Многие таламические ядра направляют большой объем чувствительной, двигательной и вегетативной информации к определенным зонам коры головного мозга, а также получают в ответ множество реципрокных сигналов от корковых зон, с которыми они связаны. Все чувствительные системы, за исключением системы обоняния, связываются с корой головного мозга при помощи таламуса. Однако таламус — это не просто передающая подстанция. Проекционные ядра содержат сети вставочных нейронов, которые модулируют таламические входящие сигналы при помощи инструкций, поступающих от коры головного мозга, а также формируют исходящие адекватные по объему «пакеты» информации для предотвращения избыточного поступления данных к коре головного мозга. Специфические таламические ядра

ЯДРО ТАЛАМУСА	ЗОНА КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА, С КОТОРЫМ ОНО ОБРАЗУЕТ СВЯЗИ
<b>Специфические чувствительные проекционные ядра</b>	
Вентральное постеролатеральное ядро (ВПЛ)	Постцентральная извилина (соматосенсорная область)
Вентральное постеромедиальное ядро (ВПМ)	Латеральная постцентральная извилина (область тройничного нерва)
Латеральное коленчатое ядро (ЛКЯ)	Затылочная кора (зрительная область)
Медиальное коленчатое ядро (МКЯ)	Височная доля поперечной извилины Гешля (слуховая область)
Подушка таламуса	Теменная кора
<b>Специфические двигательные ядра</b>	
Вентральное латеральное (ВЛ)	Прецентральная извилина (двигательная)
Вентральное интермедиальное (ВИ)	Прецентральная извилина (двигательная)
Вентральное переднее (ВП)	Лобная кора (преддвигательная и дополнительная двигательная)
<b>Специфические вегетативные ядра</b>	
Переднее (Пер)	Передняя поясная кора
Латеральное заднее (ЛЗ)	Поясная кора, передняя теменная кора
Медиальное заднее (МЗ)	Лобная кора
<b>Ядра, относящиеся к ассоциативным зонам</b>	
Подушка таламуса	Теменная кора
Латеральное заднее (ЛЗ)	Теменная кора
<b>Неспецифические ядра</b>	
Интраламинарные ядра	
Центромедианное	Обширные корковые зоны: диффузные соединения
Парафасцикулярное	Обширные корковые зоны: диффузные соединения
Медиальное вентральное переднее ядро (ВП)	Обширные корковые зоны: диффузные соединения
Ретикулярные ядра таламуса	Другие таламические ядра

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Вентральное постеролатеральное ядро (ВПЛ)
- 2. Вентральное постеромедиальное ядро (ВПМ)
- 3. Латеральное коленчатое ядро (тело) (ЛКЯ)
- 4. Медиальное коленчатое ядро (тело) (МКЯ)
- 5. Подушка таламуса
- 6. Центромедианное ядро (ЦМ)
- 7. Медиальное заднее ядро (МЗ)
- 8. Латеральное заднее ядро (ЛЗ)
- 9. Переднее ядро (Пер)
- 10. Вентральное переднее ядро (ВП)
- 11. Вентролатеральное и вентральное интермедиальное ядра (ВЛ и ВИ)
- 12. Ретикулярные ядра

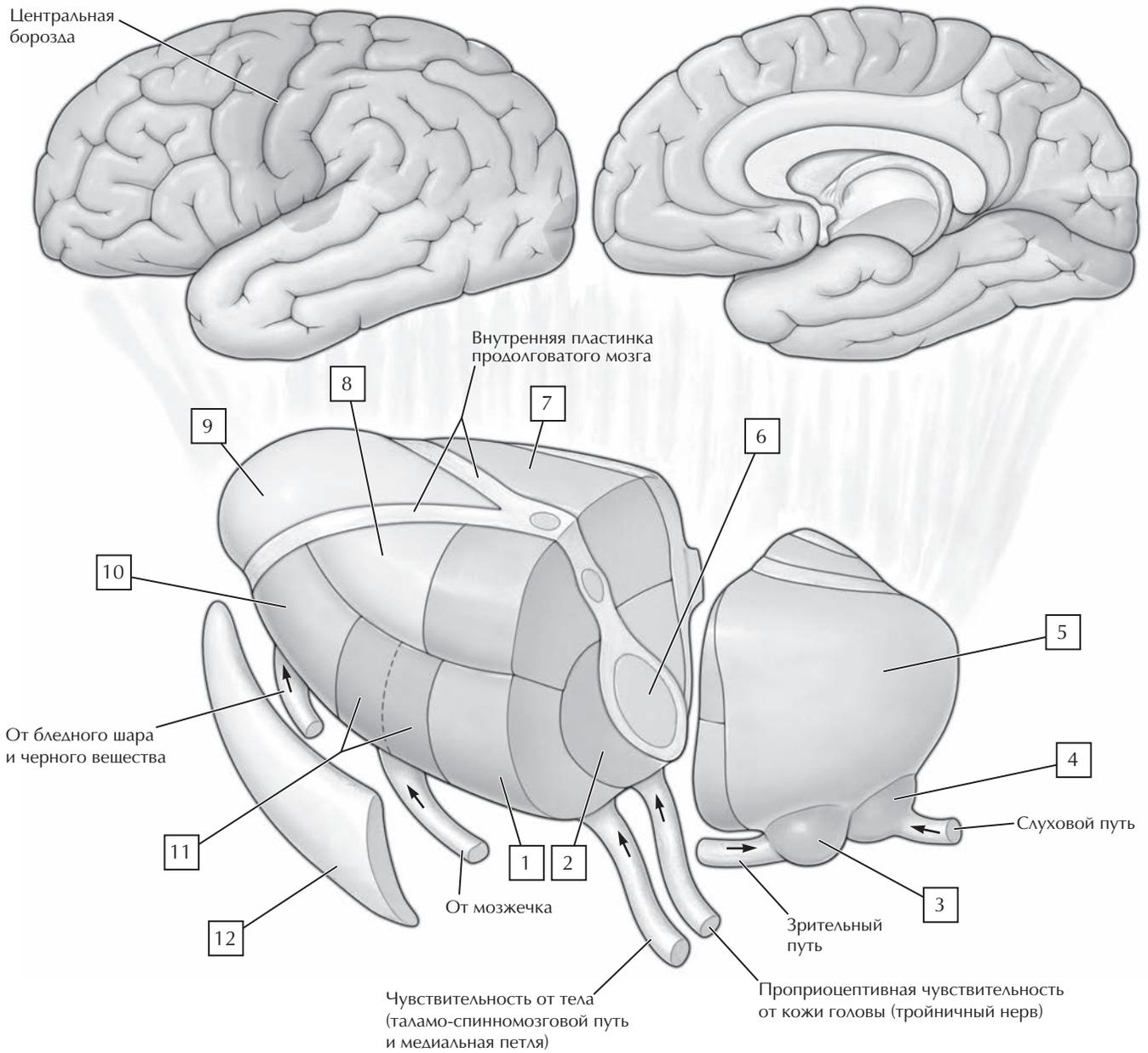
образуют связи с определенными областями коры головного мозга, а неспецифические создают диффузные связи с различными областями коры головного мозга и другими таламическими ядрами. Ретикулярные ядра таламуса участвуют в регуляции возбудимости других таламических ядер.

### Клинический комментарий

Кровоснабжение таламуса происходит из множества маленьких артерий. Выборочное повреждение отдельных таламических ядер в результате сосудистых инфарктов происходит редко. При ишемии и нарушении части таламического кровотока развивается целый ряд симптомов: изменения в сознании и внимании, аффективные расстройства, нарушения памяти, двигательные поражения, искажения соматической чувствительности и перцепции, зрительные артефакты и галлюцинации. Некоторые специфические повреждения таламуса могут привести к пароксизмам мучительной нейропатической боли (таламический синдром).

Таламо-корковые волокна

Центральная борозда



Гипоталамус — это небольшая область промежуточного мозга, регулирующая нейроэндокринные функции при помощи **гипофиза (шишковидной железы)** и висцеральные функции (например, регуляция температуры, пищевого поведения и аппетита, водного баланса и чувства жажды, сексуального поведения, родов и лактации, дыхания и функций сердечно-сосудистой системы, активности желудочно-кишечного тракта, реакции на стрессовую ситуацию, а также контроль гомеостаза). Множество гипоталамических ядер расположено в рострально-каудальном (преоптическая, передняя или супраоптическая, бугорковая, задняя или сосцевидная области) и в медиально-латеральном направлении (перивентрикулярная, медиальная и латеральная зоны).

Нейроэндокринная регуляция состоит из выработки окситоцина и вазопрессина **перивентрикулярными и супраоптическими ядрами** и образования связей этих ядер с **нейрогипофизом (задней долей гипофиза)** через **супраоптический гипофизарный путь**, проходящий через **воронку гипофиза**, где окситоцин и вазопрессин попадают в общий кровоток. Дугообразные и другие ядра, продуцирующие рилизинг-факторы и ингибирующие факторы, направляют свои аксоны к определенным областям **среднего возвышения**, где эти факторы секретируются в гипофизарно-воротную сосудистую систему, которая доставляет их в крайне высоких концентрациях непосредственно к клеткам **передней доли гипофиза (аденогипофиз)**.

**Сосцевидное ядро (тело)** является частью лимбической петли, ранее считавшейся частью петли Папеса, отвечающей за функции памяти. Сосцевидные ядра получают входящие сигналы от гиппокамповой формации через **свод** и направляют свои аксоны к передним ядрам **таламуса** через **сосцевидно-таламический путь**.

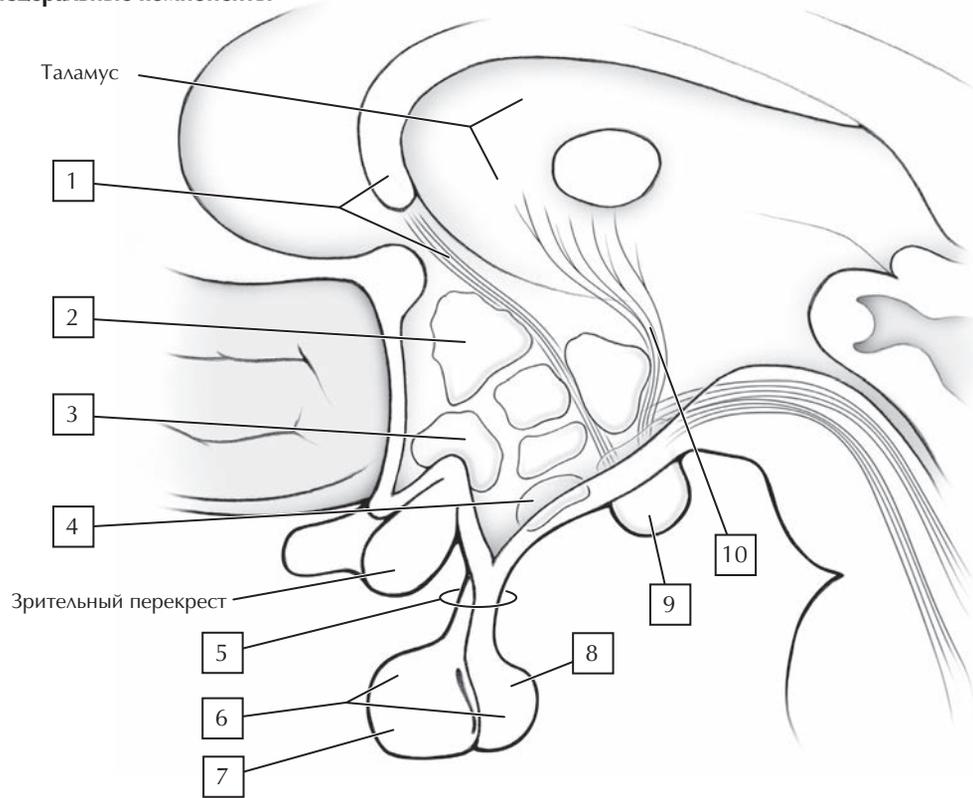
**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Свод мозга
- 2. Паравентрикулярное ядро
- 3. Супраоптическое ядро
- 4. Дугообразное ядро
- 5. Воронка гипофиза
- 6. Гипофиз (шишковидная железа)
- 7. Аденогипофиз (передняя доля гипофиза)
- 8. Нейрогипофиз (задняя доля гипофиза)
- 9. Сосцевидные ядра (тело)
- 10. Сосцевидно-таламический путь
- 11. Супраоптический гипофизарный путь

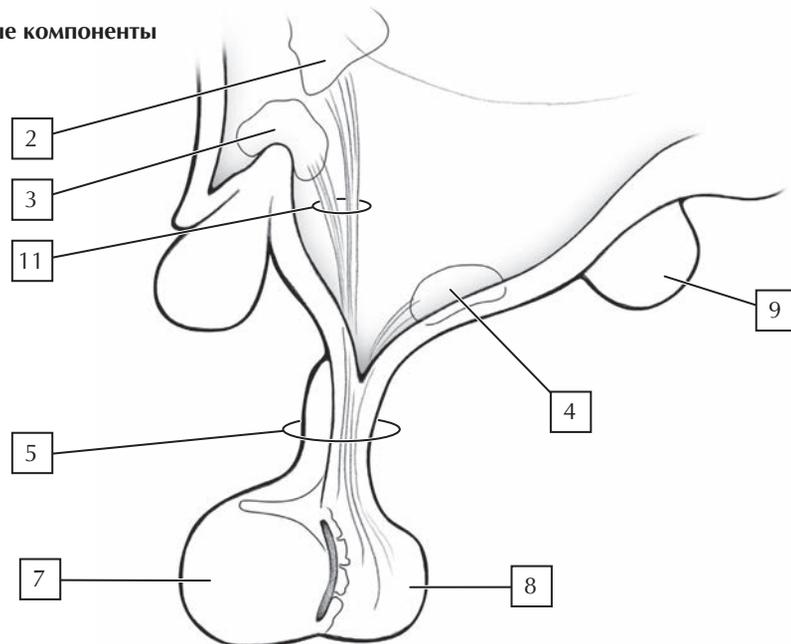
#### Клинический комментарий

Задняя доля гипофиза отвечает за секрецию окситоцина и вазопрессина (аргинин-вазопрессина). Аргинин-вазопрессин, называемый также антидиуретическим гормоном, является ключевым регулятором водного баланса. При нарушении его функционирования у пациента развивается несахарный диабет, при котором наблюдается крайне большой объем выделяемой мочи и повышенное потребление жидкости. Повреждение передней доли гипофиза или нарушение функции рилизинг-гормонов и ингибирующих факторов, участвующих в регуляции секреции гормонов передней доли гипофиза, может привести к широкому спектру нарушений, включая потерю возможности секреции кортикостероидных гормонов (аденокортикотропного гормона) и факторов роста, гипотирозидизм (гормон, стимулирующий щитовидную железу), половую дисфункцию (фолликулостимулирующий гормон и лютеинизирующий гормон), а также многим другим. Такие же симптомы могут наблюдаться при пангипопитуитаризме или при удалении гипофиза в результате развития опухолевого процесса. В некоторых случаях гормон-продуцирующая опухоль (аденома гипофиза) может высвобождать большое количество факторов роста в кровоток, что приведет к акромегалии (избыточный рост, повышение плотности костей, огрубение черт лица). В этом случае необходимо удалить опухоль и провести заместительную терапию гормонами, утраченными после хирургического вмешательства.

**А. Висцеральные компоненты**



**Б. Нейроэндокринные компоненты**



Гипоталамические ядра образуют как афферентные, так и эфферентные волокна, физиологически связанные с определенными висцеральными или нейроэндокринными функциями. Области гипоталамуса содержат большое количество нейронов, вовлеченных в управление сложными висцеральными функциями. Гигантоклеточные нейроны **супраоптического ядра** гипоталамуса в основном синтезируют окситоцин, а гигантоклеточные нейроны **паравентрикулярного ядра** — вазопрессин. Оба вида нейронов высвобождают гормоны в общей кровотоке в задней доле гипофиза. Мелкоклеточные нейроны паравентрикулярного ядра являются ключевыми регулирующими нейронами в управлении как симпатической активности, так и парасимпатической активности ствола мозга и спинного мозга, а также участвуют в синтезе кортикотропин-рилизинг фактора (КРФ), который затем высвобождается в гипофизарно-воротную сосудистую систему в области срединного возвышения. В дополнение к этому, **передняя гипоталамическая область** участвует в регуляции парасимпатической нервной системы, а **задняя гипоталамическая область** контролирует симпатическую нервную систему. **Дорсомедиальное ядро, вентромедиальное ядро и латеральная гипоталамическая область** регулируют пищевое, водное и репродуктивное поведения. **Преоптическая зона (медиальное и латеральное ядра)** контролирует циклическое нейроэндокринное поведение и терморегуляцию. **Супрахиазматическое ядро** получает входящую информацию о темноте/свете по зрительному пути и управляет циркадными ритмами и суточными циклами. **Перивентрикулярное ядро** и дугообразное ядро обеспечивают дофаминергическую нейрональную регуляцию секреции гормонов передней доли гипофиза в области срединного

возвышения. Многие гипоталамические ядра (преоптические области, супрахиазматическое ядро) вместе с областями переднего мозга (базальное ядро) и ствола мозга (ретикулярная формация, ядро одиночного пути, ядра шва, голубое пятно) управляют циклом сна и бодрствования. **Сосцевидные ядра** (комплекс) могут управлять функциями памяти при помощи лимбической петли. Многие области гипоталамуса восприимчивы к интерлейкинам, что позволяет им принимать участие в образовании гораздо более сложной петли, регулирующих вегетативные и висцеральные функции, аффективное поведение, а также контролирующих ответную реакцию на стресс и поведение человека при развитии заболевания.

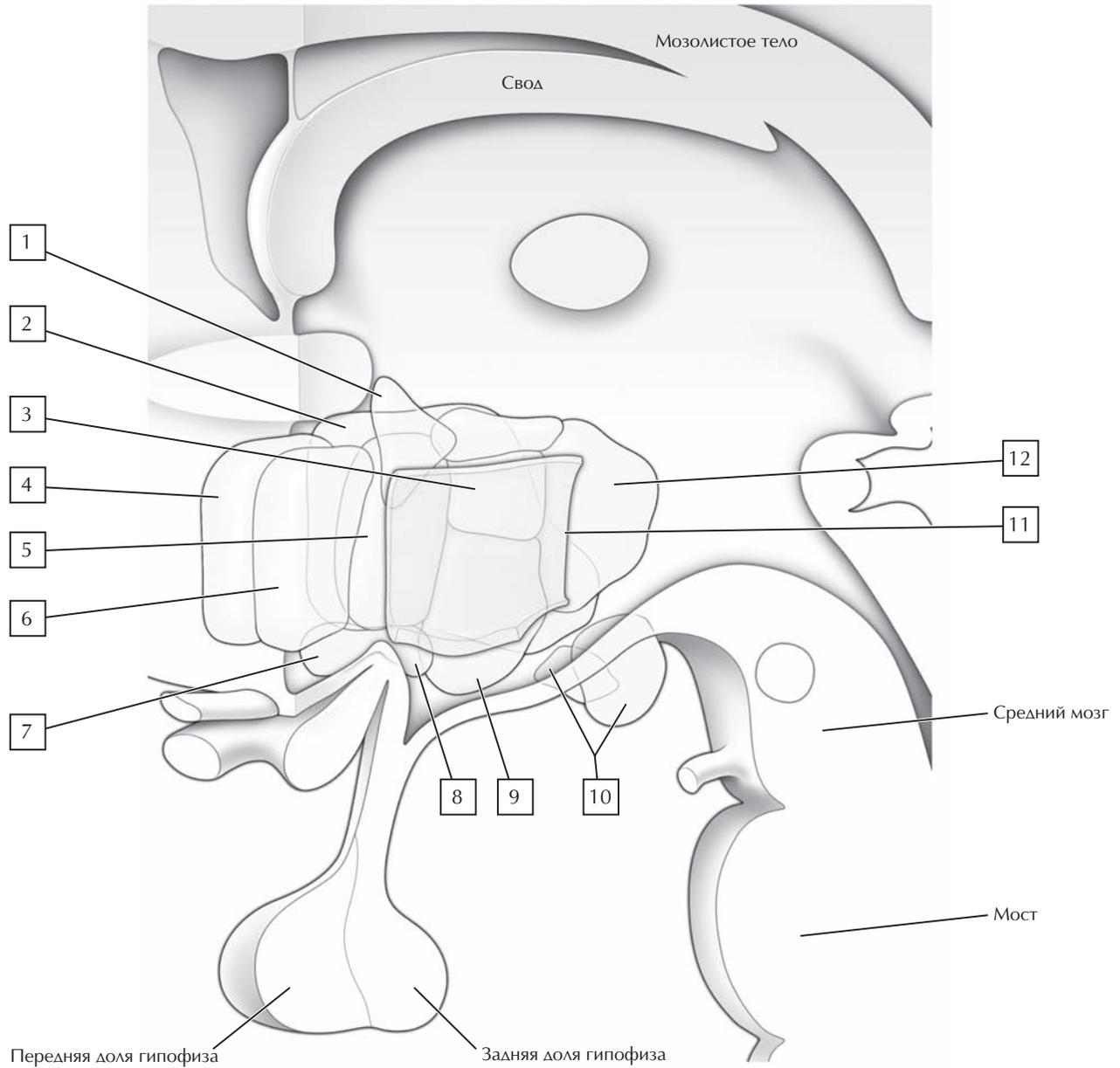
### Клинический комментарий

Гипоталамус — это центр регуляции нейроэндокринного производства (как гормонов передней доли гипофиза, так и задней доли гипофиза) и висцеральных функций. Определенная часть гипоталамической регуляции находится под контролем двигательных и чувствительных компонентов, например, в случае пищевого поведения, питьевого поведения и репродуктивного поведения. Некоторые регуляторные функции осуществляются при помощи непосредственного соединения нейронов, а для некоторых других требуется образование полисинаптических связей (например, для регуляции чувства тошноты).

Регуляторные гипоталамические петли находятся под контролем переднего мозга и коры головного мозга. Например, представим, что кто-то увидел что-то страшное или получил сигнал опасности от окружающей среды. Большинство корковых и лимбических структур (включая миндалевидное ядро, обеспечивающее эмоциональный контекст наблюдаемых объектов) начинают анализировать определенную угрозу и быстро подключают необходимые гипоталамические и двигательные петли, обеспечивающие адекватный поведенческий ответ (например, спастись бегством, замереть или вести себя спокойно). Схожим образом можно вызвать чувства гнева, печали, удовольствия и другие эмоции, вспоминая события и ситуации, связанные с ними. В этом случае умственное действие может вызвать чувство беспокойства, привести к подъему давления крови и изменению вегетативной деятельности (например, при помощи активации симпатической системы) и нейроэндокринной активности (например, при помощи активации гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси через секрецию кортикотропин-рилизинг фактора, аденокортикотропного гормона и кортизола). Таким образом, гипоталамус — это место пересечения лимбическо-гипоталамо-вегетативной и нейроэндокринной регуляций, а также место приложения регуляторных эффектов коры головного мозга.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

1. Паравентрикулярное ядро
2. Латеральная гипоталамическая область
3. Дорсомедиальное ядро
4. Латеральное преоптическое ядро (область)
5. Передняя гипоталамическая область
6. Среднее преоптическое ядро (область)
7. Супраоптическое ядро
8. Супрахиазматическое ядро
9. Вентромедиальное ядро
10. Сосцевидные ядра (комплекс)
11. Перивентрикулярное ядро
12. Задняя гипоталамическая область



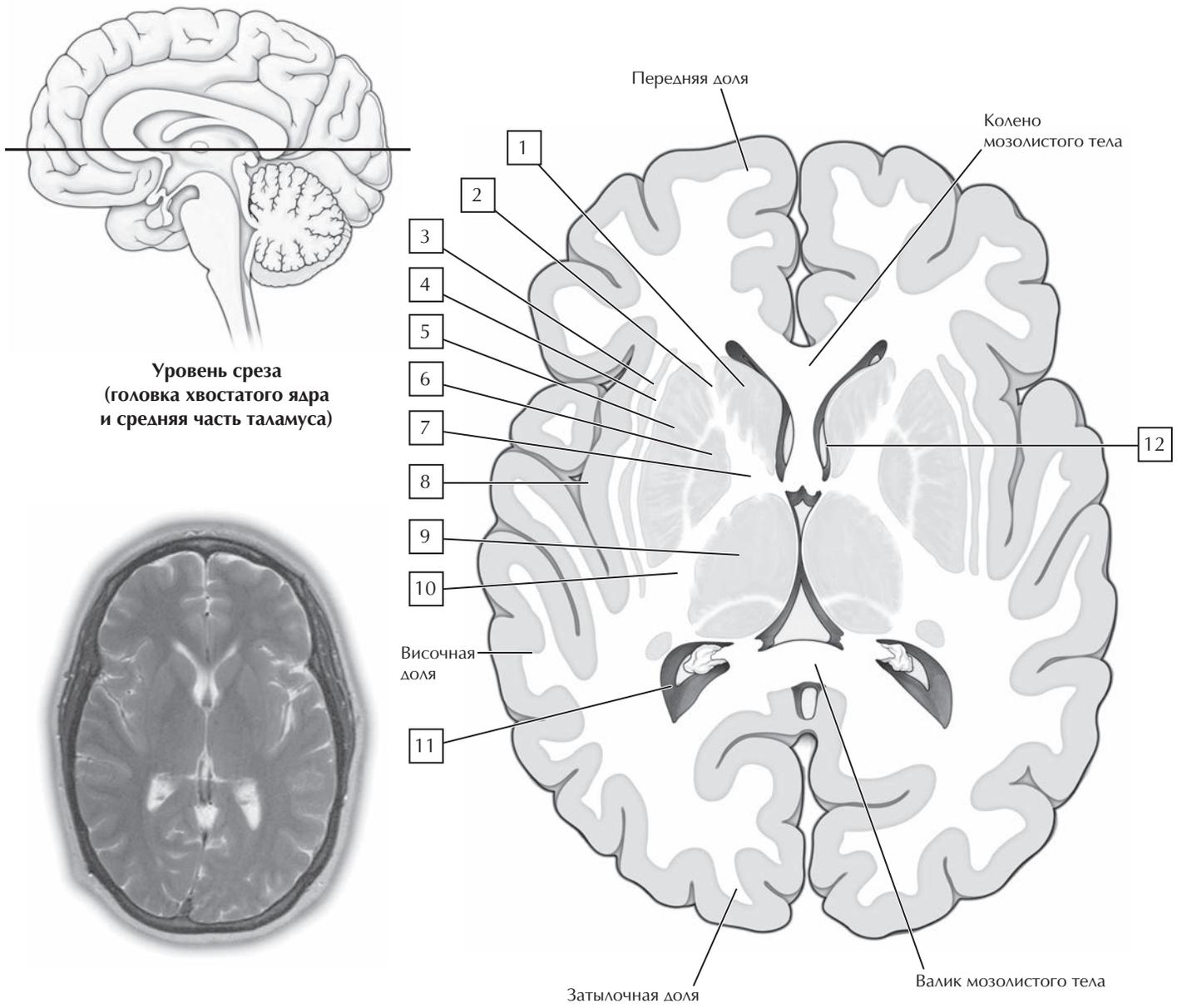
Аксиальный срез через передний мозг проходит точно в горизонтальной плоскости без каких-либо отклонений. Ранние аксиальноподобные диагностические срезы получали с отклонением в  $25^\circ$  от истинного аксиального среза. Такой аксиальный срез проходит на уровне головки хвостатого ядра, средней части таламуса и полностью пересекает внутреннюю капсулу. Вышеперечисленные структуры являются ключевыми ориентирами во время интерпретации аксиального изображения мозга, которое дает возможность рассмотреть все важные области, желудочки, а также оценить симметричность обеих сторон мозга. **Передняя ножка внутренней капсулы** отделяет **головку хвостатого ядра** от **скорлупы** медиально, а **бледный шар** — латерально. **Колено внутренней капсулы** — это самая внутренняя часть V-образного изгиба, где головка хвостатого ядра находится спереди, а **таламус** — сзади. **Задняя ножка внутренней капсулы** отделяет таламус от скорлупы медиально, а бледный шар — латерально. На этом срезе **боковые желудочки** представлены в двух местах: **передний рог** расположен спереди, а **полюс височной доли** — сзади. Латерально к скорлупе последовательно находятся: **внешняя капсула, ограда**, а также **островковая доля**, лежащая в глубине боковой борозды.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Головка хвостатого ядра
- 2. Передняя ножка внутренней капсулы
- 3. Ограда
- 4. Внешняя капсула
- 5. Скорлупа
- 6. Бледное ядро
- 7. Колено внутренней капсулы
- 8. Островковая доля
- 9. Таламус
- 10. Задняя ножка внутренней капсулы
- 11. Боковые желудочки — височный полюс
- 12. Боковые желудочки — передний рог

### Клинический комментарий

Этот аксиальный срез крайне удобен для изучения вероятного патологического процесса, развивающегося при различных видах заболеваний переднего мозга. При болезнях базальных ганглиев (хвостатого ядра, скорлупы, бледного шара) и ассоциированных ядер (субталамуса и черной субстанции) у пациента могут развиваться дегенеративные изменения (например, сплющивание и сжатие головки хвостатого ядра при болезни Хантингтона). Клинические проявления болезням Хантингтона включают хореоформные (резкие, танцеподобные) движения, проблемы с эмоциональным восприятием, а также снижение когнитивных способностей. В области таламуса или в корковом белом веществе можно увидеть маленькие лакунарные инфаркты. При рассеянном склерозе в белом веществе коркового мозга можно обнаружить бляшки демиелинизации. Инфаркт внутренней капсулы может быть признаком случившегося инсульта. Колено и задняя ножка внутренней капсулы — это наиболее часто поражаемые структуры внутренней капсулы при инфаркте. Такой вид инсульта приводит к развитию контрлатеральной гемиплегии, которая в скором времени перейдет в спастическую гемиплегию с развитием гипертонуса, гиперрефлексии и патологических рефлексов, контрлатерального опущения мягких тканей лица и контрлатеральной потере чувствительности тела.



Этот фронтальный срез является основным сечением переднего мозга, демонстрирующим переднюю спайку, столбы свода, многие структуры базальных ганглиев и большинство лимбических структур переднего мозга. **Передняя ножка внутренней капсулы** и **передняя спайка** — это главные зоны белого вещества внутренней части переднего мозга. Передняя ножка внутренней капсулы отделяет **головку хвостатого ядра** от **скорлупы** медиально, а **бледный шар** — латерально. Передняя спайка соединяет связанные области височных долей. Здесь Вы также можете увидеть **лобный полюс** как **боковых желудочков**, так и **третьего желудочка**. **Комплекс миндалевидных ядер** расположен в среднем полюсе передней височной доли. В области книзу от передней спайки, называемой «безымянное вещество», находится **базальное ядро (ядро Мейнерта)** — важная зона холинергических нейронов переднего мозга. Вдоль средней линии лобной доли можно увидеть **переднюю поясную кору** с поясом (важный путь переднего мозга, содержащий норадренергические, серотонинергические, дофаминергические и холинергические аксоны, направляющиеся к коре головного мозга), расположенным прямо над **телом мозолистого тела**. В **столбах свода мозга** проходят аксоны от областей CA1 и CA3 гиппокампа до ядер перегородки, прилежащего ядра, преоптической и передней областей гипоталамуса и других лимбических структур. **Островковая доля**, контролирующая деятельность некоторых органов, расположена в глубине боковой борозды.

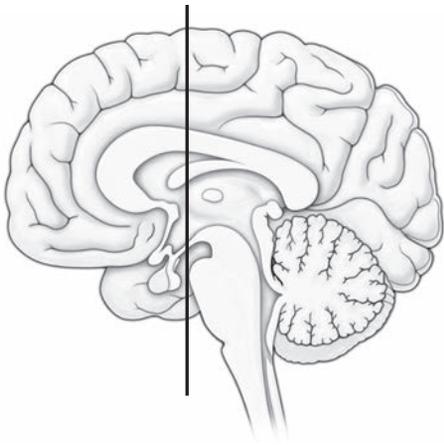
**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Передняя поясная кора
- 2. Столбы свода мозга
- 3. Головка хвостатого ядра
- 4. Передняя ножка внутренней капсулы
- 5. Скорлупа
- 6. Островковая доля
- 7. Бледное ядро
- 8. Передняя спайка
- 9. Базальное ядро (ядро Мейнерта)
- 10. Миндалевидное тело (миндалевидный комплекс)
- 11. Лобный полюс бокового желудочка
- 12. Мозолистое тело

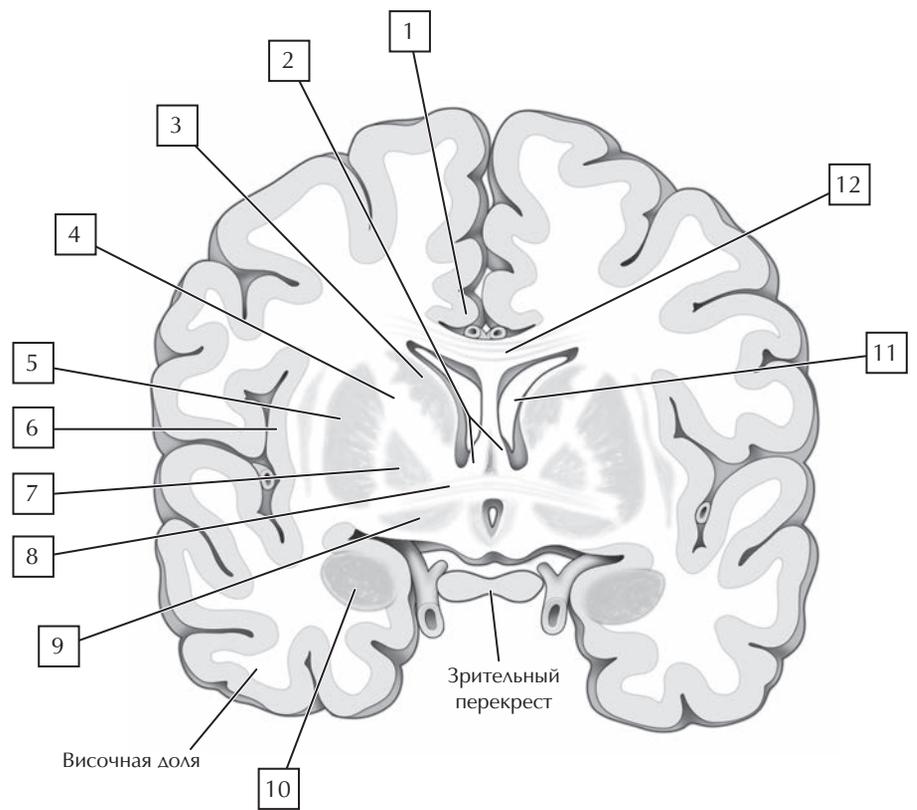
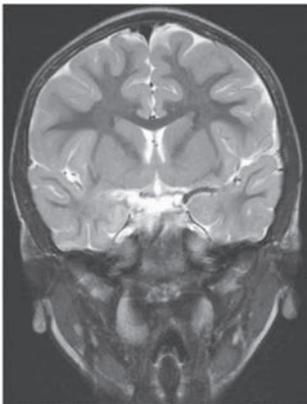
### Клинический комментарий

Базальное ядро, расположенное в безымянном веществе прямо под областью передней спайки, содержит большое количество центральных холинергических нейронов, чьи аксоны обширно ветвятся по направлению ко многим областям коры головного мозга и лимбической части переднего мозга. Обнаружено, что у некоторых пациентов с болезнью Альцгеймера данные нейроны подвержены дегенеративному процессу. Считается, что они отвечают за когнитивные функции и краткосрочную память. Было разработано множество фармацевтических и пищевых продуктов, содержащих холин или вещества, усиливающие действия холина, с целью улучшения функций памяти. Несмотря на определенные успехи, полученные на моделях животных, сколько бы значимого улучшения памяти у человека добиться не удалось, вероятно, по причине обширного нейронального повреждения участников эксперимента, развившегося до выявления у них заметного снижения когнитивных функций.

Миндалевидные ядра играют важную роль в создании эмоционального контекста чувствительных импульсов, особенно при чувстве страха. Миндалевидное тело может быть повреждено билатерально в результате противоудара при травме головы. Развивающийся в результате синдром Клувера–Бюси сочетается с утратой чувства страха к опасным объектам, потере краткосрочной памяти, появлению беспорядочных гиперактивных сексуальных влечений и другими нарушениями поведения. В случаях, когда миндалевидное тело повреждается более латерально, у пациента не только утрачивается чувство страха, но и он сам теряет способность различать испуг на лицах других людей.



Уровень среза  
(передняя спайка/столбы свода)



Кора головного мозга представляет собой шестислойную нейронную структуру, расположенную снаружи переднего мозга. Иногда ее называют неокортексом, чтобы подчеркнуть ее отличие от филогенетически более старых нижележащих слоев. Во внутриутробном периоде в вентрикулярной области, развиваются и мигрируют на периферию центральной нервной системы, следуя за радиальной глией, важные типы нейронных клеток. **Слой V (слой больших пирамидальных клеток)** и **слой III (слой малых пирамидальных клеток)** — это два слоя пирамидальных клеток коры головного мозга. Пирамидальные клетки образуют большие ветвистые базолатеральные дендритические отростки, а также имеют ветвящийся апикальный дендрит, направляющийся перпендикулярно поверхности. Пирамидальные нейроны — это проекционные нейроны, аксоны которых покидают кору головного мозга и направляются вдалеку к своим мишеням.

**Слой IV (главный зернистый слой)** и **слой II** — это два зернистых слоя. Зернистые клетки — это местные петлевые нейроны, имеющие маленькое клеточное тело, короткие дендритные отростки и аксон, распространяющийся локально. Они получают входящие сигналы от **таламуса (специфические афферентные)**, а также образуют соединения с другими **афферентными и ассоциативными волокнами** и управляют возбудимостью других корковых нейронов.

**IV слой зернистых клеток** — это чувствительная кора (например, в области постцентральной извилины), получающая большое количество афферентных сигналов от таламуса. Пирамидальные нейроны чувствительной коры неплотно прилегают друг к другу. Большие слои пирамидальных клеток V и III — это двигательная кора (например, в области прецентральной извилины) с очень разреженным расположением нейронов. Двигательная кора дает начало большому количеству эфферентных волокон, направляющихся к разным областям мозга и, в частности, к коре головного мозга. Ассоциативная кора головного мозга состоит из сбалансированного количества слоев пирамидальных и зернистых клеток. Она получает входящие некоторые специфические афферентные сигналы, а также образует множество аксонов, **идущих к различным частям коры головного мозга. Норадренергические аксональные сигналы** от голубого пятна моста и **серотонинергические сигналы** ядра шва ростральной части ствола мозга проходят по обильно ветвящимся аксонам в кору головного мозга, образуя ответвления для каждого из шести слоев. Эти норадренергические и серотонинергические аксоны управляют возбудимостью других нейронов и их способностью к синаптическому ответу.

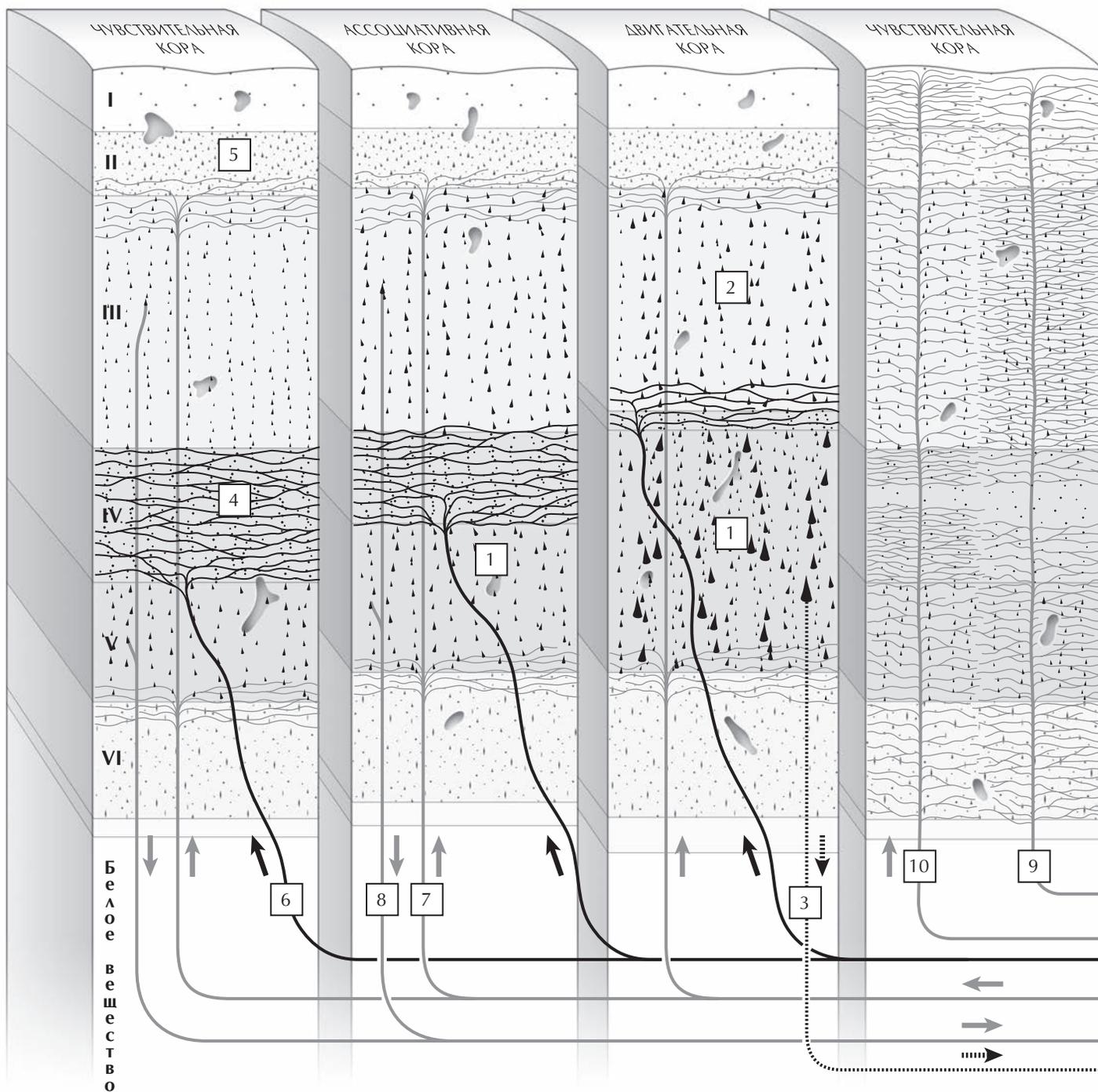
**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

1. Слой пирамидальных клеток в двигательной коре и ассоциативной коре (V)
2. Слой пирамидальных клеток в двигательной коре (III)
3. Двигательные аксоны пирамидальных клеток двигательной коры
4. Слой зернистых клеток чувствительной коры (IV)
5. Слой зернистых клеток чувствительной коры (II)
6. Специфические афферентные (таламические входящие сигналы) аксоны к чувствительной коре
7. Другие афферентные и ассоциативные волокна к ассоциативной коре
8. Эфферентные аксоны к другим частям коры от ассоциативной коры
9. Норадренергические аксоны голубого пятна
10. Серотонинергические аксоны от ростральной части ядра шва

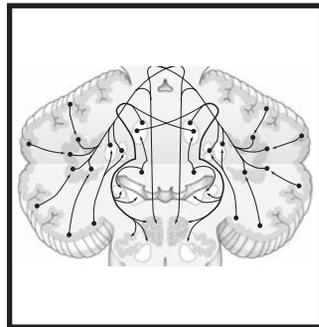
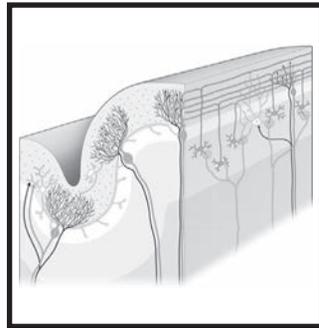
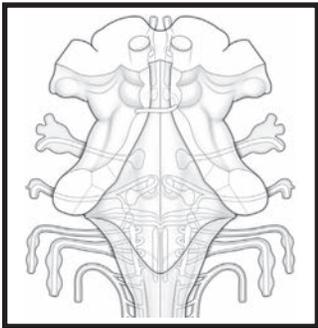
#### Клинический комментарий

Чувствительная кора — это зона восприятия специфических сигналов основных органов чувств. Двигательная кора — это последняя главная зона коры, продуцирующая исходящие сигналы для нижних двигательных нейронов ствола мозга и спинного мозга, а также для других двигательных структур, например, для верхних двигательных нейронов ствола мозга. Между чувствительной корой и двигательной корой расположена обширная проводящая нейронная сеть, отвечающая за обработку стимулов. Она запоминает их и создает необходимый эмоциональный контекст. Эта сеть также направляет аксоны обратно к премоторной коре и дополнительной двигательной коре для формирования адекватного ответного поведения. Два полушария взаимодействуют между собой при помощи спячных волокон мозолистого тела и передней спайки.

Повреждение данных важных корковых аксональных систем может привести к специфическим чувствительным/двигательным нарушениям — апраксии или агнозии, афазии или к измененному поведению.



## Глава 10 Двигательные системы



**Альфа нижние двигательные нейроны (НДН)** и группа иннервируемых ими скелетных мышечных волокон (экстрафузальные мышечные волокна) являются началом всех видов движения, поведения и взаимодействия с окружающим миром. Они образуют двигательную единицу. В качестве нейромедиатора в области двигательной концевой пластинки (**нейромышечного синапса**) альфа-НДН используют ацетилхолин (АЦХ). Двигательные единицы в областях, где требуется тонкий двигательный контроль, имеют небольшой размер. В областях, где нужно больше силы (четырёхглавая мышца бедра, ягодичные мышцы), — двигательные единицы большие. Альфа-НДН расположены в **переднем (вентральном) роге спинного мозга**. **Мышечные веретена** — это сложные чувствительные/двигательные структуры, залегающие в толще скелетных мышц параллельно друг другу. Мышечные веретена состоят из **центральных волокон с ядерной сумкой** и **периферических волокон с ядерной цепочкой**, каждая из которых образуют сокращающиеся структуры на противоположных концах (интрафузальные мышечные волокна). Эти сокращающиеся элементы иннервируются **гамма-НДН**, которые также расположены в переднем роге спинного мозга вблизи от альфа-НДН. Окончания гамма-НДН на волокнах с ядерной сумкой — это **концевые пластинки**, а окончания гамма-НДН на волокнах с ядерной цепочкой — это **стелющиеся нервные окончания**. Мышечное веретено сокращается, когда гамма-НДН запускают потенциал действия, что созда-

ет напряжение на волокнах с ядерной сумкой и на волокнах с ядерной цепочкой.

Волокна с ядерной сумкой и волокна с ядерной цепочкой также иннервируются чувствительными волокнами. **Афферентные волокна Ia**, отходящие от клеточных тел **ганглиев заднего корешка**, окружают экваториальную область волокна с ядерной сумкой **аннулоспиральными окончаниями**. Активированные афферентные волокна Ia передают сведения о длине и скорости (изменении длины по отношению ко времени) центральной нервной системе (ЦНС). Информация проходит по рефлекторным, мозжечковым и лемнисковым путям. Рефлекторный ответ обеспечивается за счет афферентных волокон Ia, входящих через **задний корешок**, проходящих в нем и образующих **синапсы непосредственно с альфа-НДН мышечных волокон** (с их мышечными веретенами). Таким образом, активация волокон Ia приводит к сокращению волокон скелетной мускулатуры и восстановлению состояния равновесия. Этот процесс называется «рефлексом мышечного растяжения», являющийся визитной карточкой любого неврологического обследования. Афферентные волокна типа II образуют кустообразные окончания на поверхности волокон с ядерной цепочкой и передают информацию о длине ЦНС по мозжечковому и лемнисковому пути.

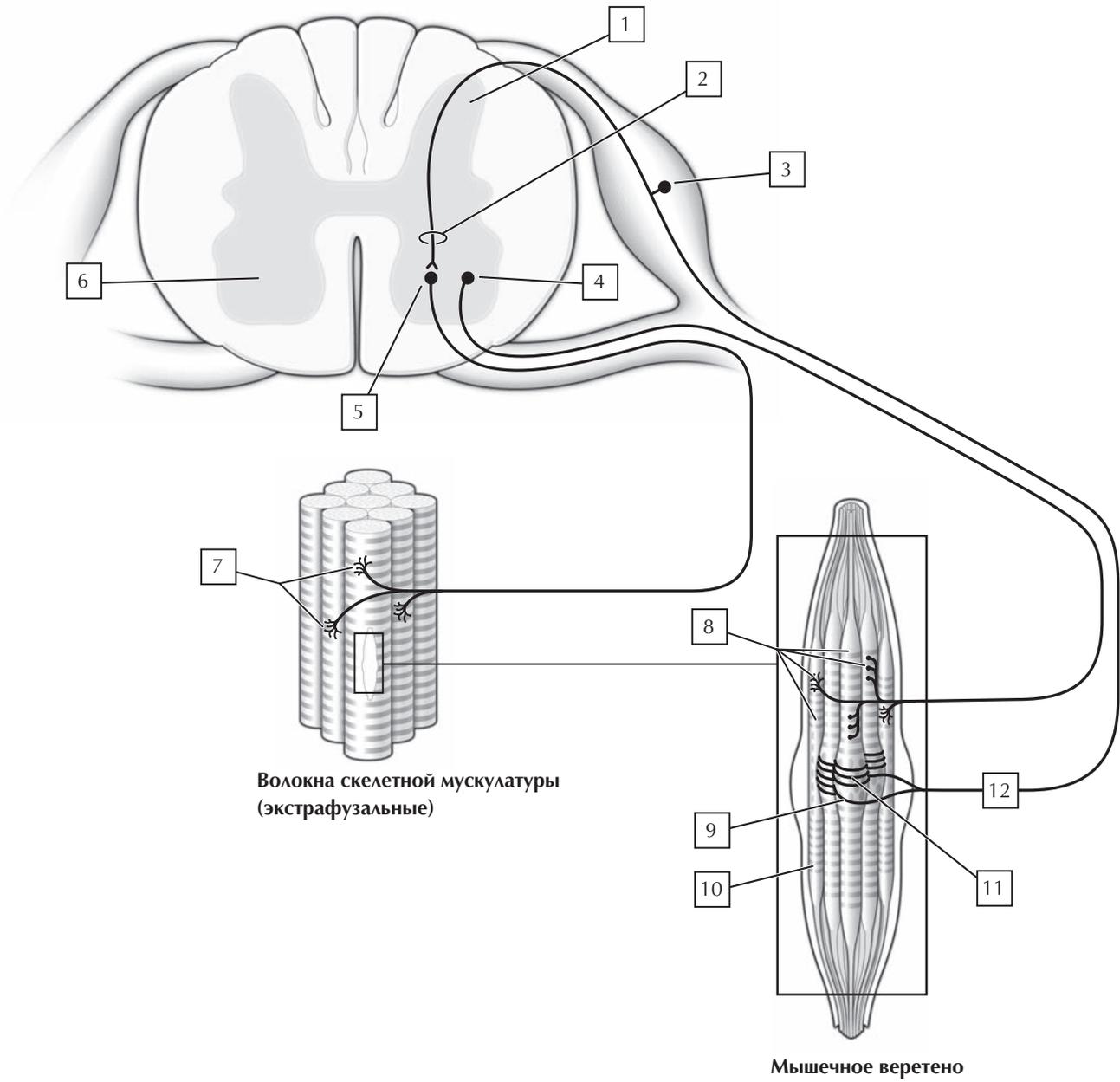
Альфа-гамма коактивация — это физиологический процесс, при котором ствол мозга и корковые верхние двигательные нейроны (ВДН) контролируют активацию альфа-НДН, а ВДН одновременно активируют гамма-НДН. Благодаря этому механизму, который возможен в результате деятельности афферентных волокон типа Ia и II, мышечные веретена всегда находятся в активном состоянии, воспринимая чувствительную информацию. Без механизма коактивации ЦНС не будет получать обратную информацию о состоянии двигательной активности.

#### Клинический комментарий

Для достижения адекватного шаблона движения необходима скоординированная регуляция альфа и гамма-НДН при помощи ВДН. Повреждение НДН или утрата их влияния приводит к развитию вялого паралича с утратой мышечного тонуса и рефлексов. Если сохранившиеся НДН начинают ветвиться, чтобы покрыть утратившие нервное влияние волокна скелетной мускулатуры, то образуются чрезмерно большие двигательные единицы, что является довольно распространенным последствием перенесенного полиомиелита (постполиомиелитный синдром). Повреждение системы ВДН становится причиной утраты контроля над альфа- и гамма-НДН. Влияние чувствительных рефлекторных связей становится чрезмерно сильным и избыточным — у пациента развивается спастический парез с гипертонусом мышц и гиперрефлексией.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

1. Задний рог
2. Синапс афферентного волокна Ia и альфа НДН
3. Ганглий заднего корешка
4. Гамма нижний двигательный нейрон
5. Альфа нижний двигательный нейрон
6. Передний рог спинного мозга
7. Нейромышечный синапс
8. Концевая пластинка и стелющееся нервное окончание
9. Волокно ядерного мешочка
10. Волокно с ядерной цепочкой
11. Аннулоспиральные окончания
12. Афферентные волокна типа Ia



Альфа- и гамма-НДН расположены в **переднем (вентральном) роге** спинного мозга. НДН имеют топографическую организацию в соответствии с уровнем спинного мозга и связанными с ними волокнами скелетной мускулатуры, которые иннервируются альфа-НДН. На каждом уровне спинного мозга они проходят в медиально-латеральном направлении: (1) мышцы нижней конечности иннервируются **НДН, расположенными в латеральной части переднего рога**; (2) мышцы передней конечности иннервируются **НДН, расположенными в центральной части переднего рога**; (3) мышцы туловища и шеи иннервируются **НДН, расположенными в медиальной части переднего рога**. Если рассмотреть месторасположение НДН более детально, то **НДН мышц-сгибателей** расположены более кзади, **НДН мышц-разгибателей** — более кпереди, особенно в наиболее латеральных областях переднего рога. Местонахождение НДН находится в анатомическом соответствии с расположением системы ВДН. Латеральный корково-спинномозговой и красноядерно-спинномозговой пути нисходят в **заднелатеральном канатике** и оканчиваются в более латеральных отделах переднего рога, где расположены НДН, иннервирующие мышцы нижней конечности. Передний корково-спинномозговой, латеральный преддверно-спинномозговой и ретикуло-спинномозговой пути опускаются в **переднем канатике** и заканчиваются в более медиальных и центральных отделах переднего рога, где находятся НДН, иннервирующие мышцы тела и верхней конечности.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Заднелатеральный канатик
- 2. Передний рог спинного мозга
- 3. Передний канатик
- 4. НДН медиальной части переднего рога
- 5. НДН центральной части переднего рога
- 6. НДН латеральной части переднего рога
- 7. Область НДН мышц-разгибателей
- 8. Область НДН мышц-сгибателей

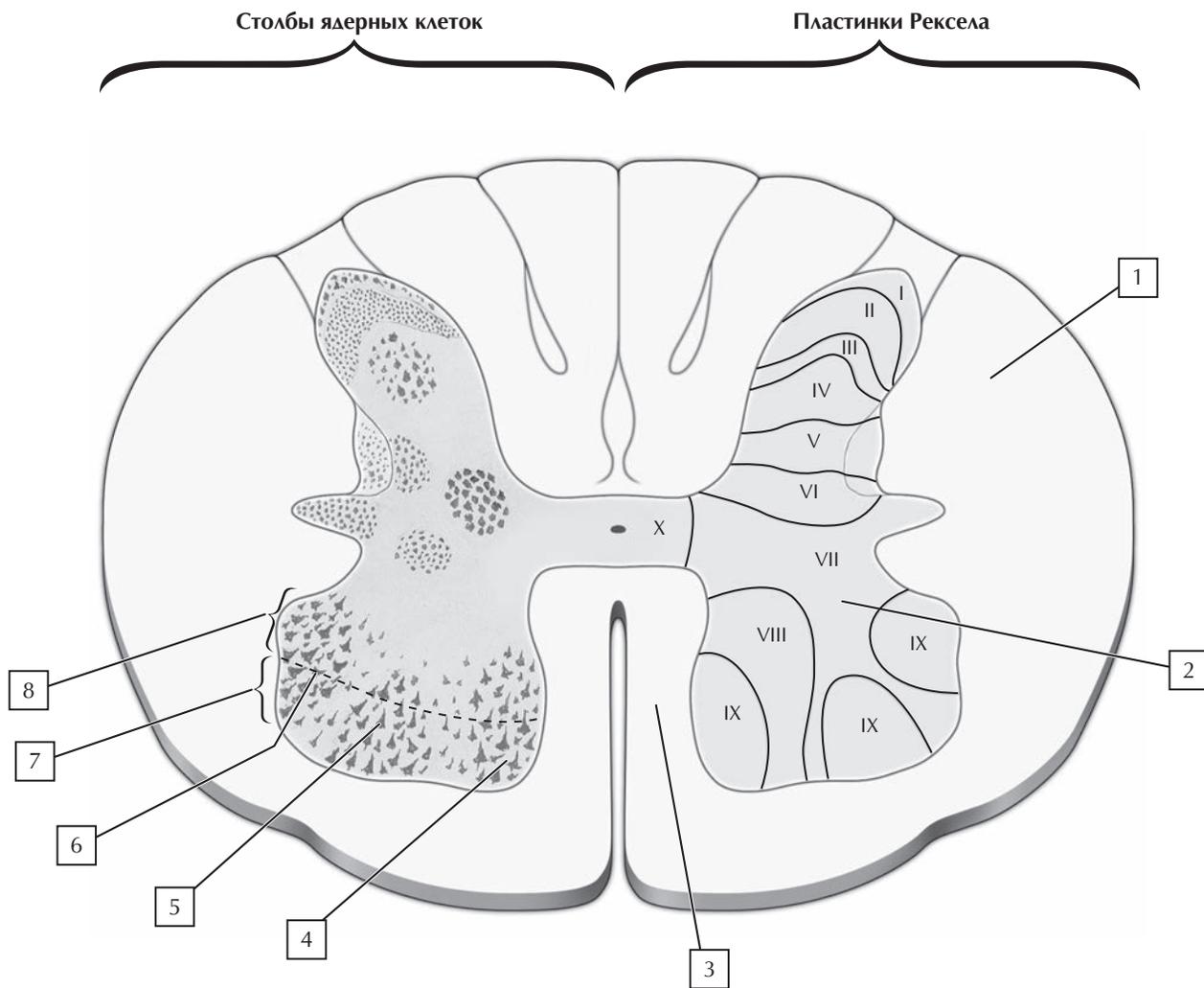
### Клинический комментарий

Целевое поведение человека обеспечивается благодаря синхронной работе надежной и полностью функционирующей системы альфа-НДН и связанных с ней скелетных мышечных волокон. Недостаток АЦХ в области нейромышечного синапса при активации мышечных волокон приводит к тому, что мышца не может сократиться. Мышечная мембрана не достигает порогового значения и запускает потенциал действия. Это явление наблюдается при тяжелой миастении (миастении гравис), когда аутоантитела блокируют никотиновые холинэргические рецепторы.

Если высвобожденный АЦХ не будет быстро гидролизоваться при помощи ацетилхолинэстеразы, то он начнет накапливаться в нейромышечном синапсе, что приведет сначала к спазму, а затем к параличу.

Повреждение НДН может развиваться быстро, например, при вирусной инфекции, а может постепенно, как в случае бокового амиотрофического склероза (объединенное дегенеративное заболевание НДН-ВДН). Поражение НДН может привести к нарушению частоты разрядов нервных импульсов и формированию пароксизмальной очереди сокращений мышечных волокон (мышечных подергиваний), проявляющихся в виде фасцикуляций. Их называют также «агональными вспышками» — сигналами потенциального «гибельного водоворота» НДН. При этом НДН ассоциированные мышечные волокна утрачивают иннервацию, у них начинается денервационная атрофия. Их единственным ответом становятся слабые невидимые реакции на мембране — фибрилляции. Тонус, сила, рефлексы, движения мышечных волокон будут отсутствовать.

А. Цитоархетиктоника серого вещества спинного мозга



Б. Представительство двигательных нейронов



НДН ствола мозга, считающиеся двигательными компонентами черепных нервов, находятся в верхней части шейного отдела спинного мозга, продолговатого мозга, ствола и среднего мозга. С анатомической и эмбриологической точек зрения НДН расположены в двух продольных столбах. Медиальный столб происходит из общей соматической эфферентной системы и состоит из внеглазных НДН (**глазодвигательное, блоковое и отводящее ядра**) и **подъязычного ядра**. Латеральный столб берет начало из специальной висцеральной эфферентной системы и состоит из **двигательного ядра тройничного нерва, двигательного ядра лицевого нерва, двойного ядра и спинномозгового добавочного ядра**. Эти двигательные ядра черепных нервов направляют свои аксоны через ткани ЦНС к определенным черепным нервам и к ассоциированным волокнам скелетной мускулатуры головы и шеи. Не все двигательные ядра черепных нервов получают входящие сигналы от мышечных веретен или имеют «напарника» в виде гамма-НДН. Система тройничного нерва имеет в своем составе первичную систему «ганглионарных клеток» афферентных волокон Ia, находящуюся внутри ЦНС — среднемозговое ядро тройничного нерва — единственную группу первичных чувствительных клеток, расположенных непосредственно в ЦНС. Афферентные волокна Ia, в основном, связаны с жевательными мышцами (ответственны за используемый в клинической практике нижнечелюстного рефлекса) и, вероятно, с наружными мышцами глаза.

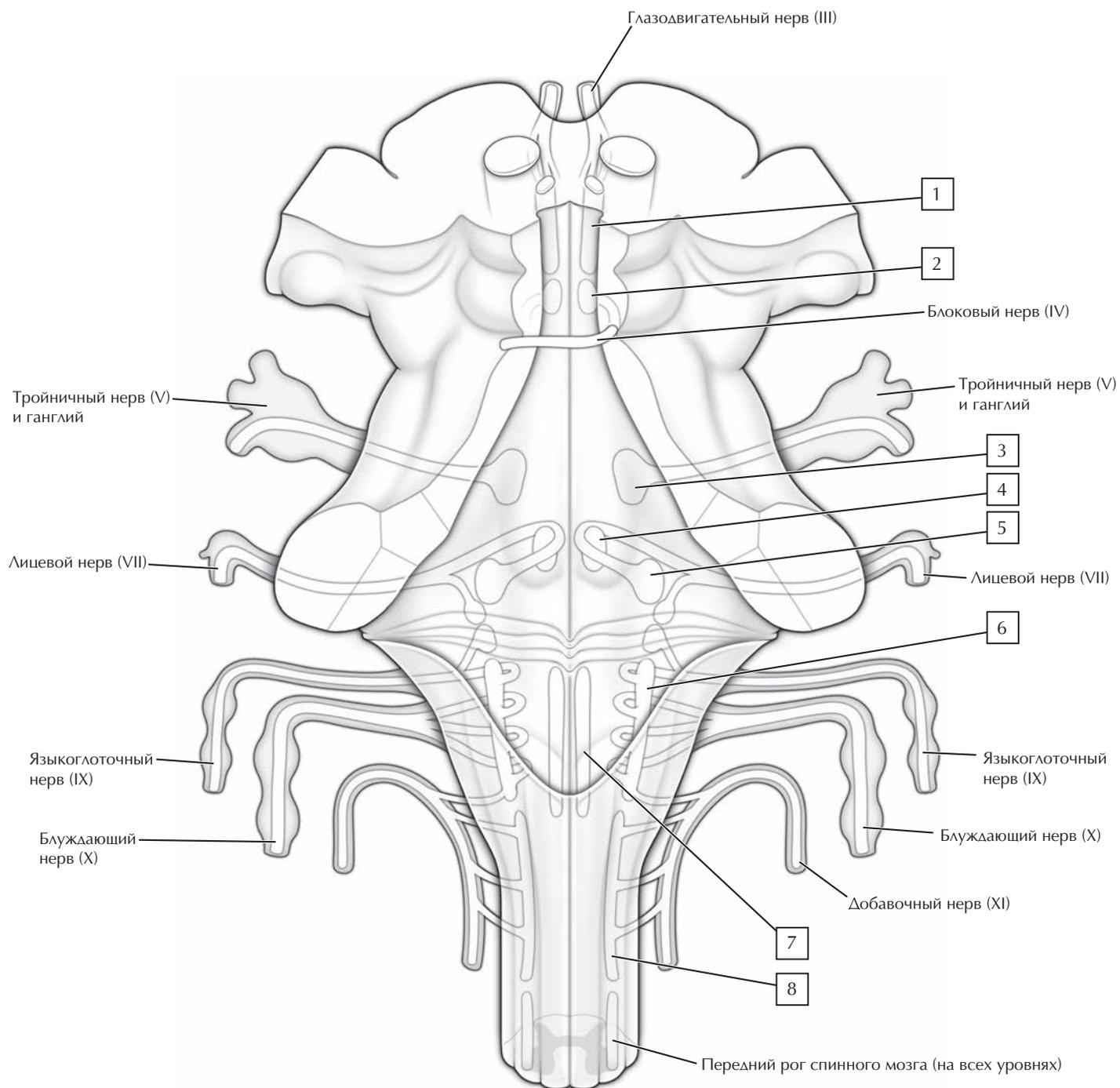
Эта клеточная группа НДН находится под контролем ВДН, как и в случае НДН спинного мозга. Ядра НДН ствола мозга находятся под частичным контролем со стороны корково-луковичного пути, происходящего от латеральной части двигательной коры и преддвигательной коры.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Глазодвигательное ядро
- 2. Ядро блокового нерва
- 3. Двигательное ядро тройничного нерва
- 4. Отводящее ядро
- 5. Двигательное ядро лицевого нерва
- 6. Двойное ядро
- 7. Подъязычное ядро
- 8. Добавочное ядро спинного мозга

#### **Клинический комментарий**

Ядра III, IV и V черепных нервов участвуют в точной координации движений глаза, позволяющих выполнять скрупулезный анализ окружающего мира посредством зрительной системы. Утрата способности к бинокулярной координации может привести к диплопии, головокружению, пространственной дезориентации и потере возможности выполнения скоординированных действий. Двигательное ядро тройничного нерва участвует в процессах жевания и потребления пищи (вместе с ядром XII черепного нерва и двойным ядром). Ядра лицевого нерва формируют различные выражения лица — важный компонент общения между людьми. Двойное ядро ответственно за функции речи и глотания. В этих же процессах задействовано также и подъязычное ядро. Из-за своей исключительной важности для многих поведенческих функций эти ядра находятся под непосредственным контролем двигательной коры и преддвигательной коры латеральной части прецентральной извилины.



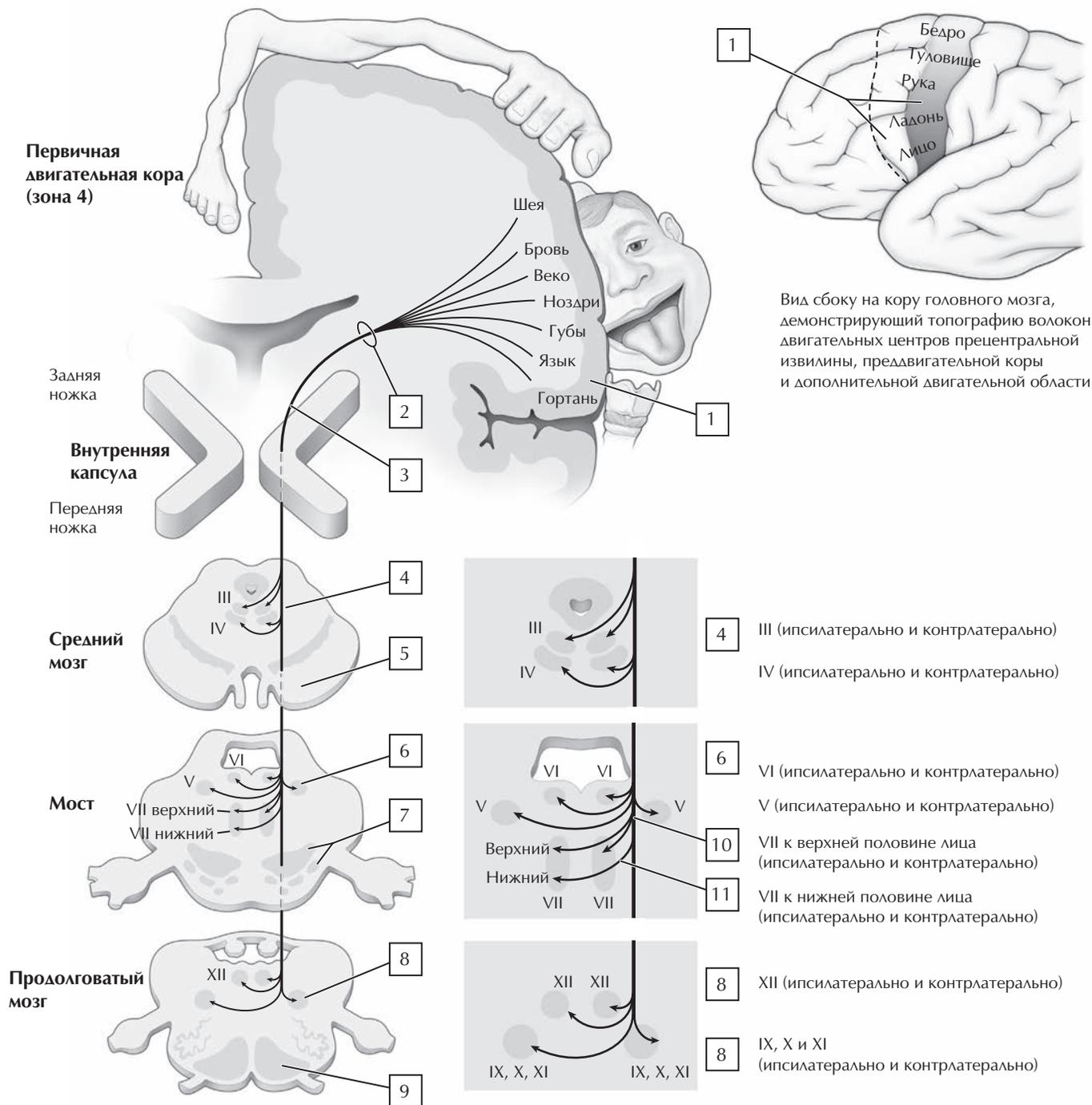
Корково-луковичный путь начинается от латеральной части первичной двигательной коры (зона 4) и области преддвигательной коры (зона 6). Представительство головы и шеи в этих регионах **двигательной и преддвигательной коры**, в отличие от других областей тела, расположено крайне диспропорционально (за исключением зон представительства рук). Эти области коры головного мозга получают входящие сигналы от многих других областей переднего мозга, включая лимбические структуры (например, миндалевидное тело), центры речи и прочие структуры. **Корково-луковичные аксоны** нисходят через **колени внутренней капсулы**, продолжают через **ножку мозга**, а затем идут в составе **пучков аксонов в основании моста и пирамиды продолговатого мозга**. Аксоны покидают эти системы волокон и образуют синапсы с двигательными ядрами черепных нервов среднего мозга (внеглазничными). Затем они идут вниз к добавочному ядру спинного мозга (верхний шейный отдел спинного мозга). Корково-луковичная система отдает ответвления билатерально ко всем двигательным ядрам черепных нервов (**ядра III, IV, VI, XII, V, VII черепных нервов верхней части лица, двойное ядро и ядро ЧН XII**), кроме **лицевых двигательных ядер нижней половины лица**, с которыми она образует только контрлатеральные связи.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Двигательная и преддвигательная кора прецентральной извилины
- 2. Корково-луковичные аксоны
- 3. Колени внутренней капсулы
- 4. Билатеральное корково-луковичное распределение волокон к ядрам ЧН III и IV
- 5. Ножка мозга
- 6. Билатеральное корково-луковичное распределение к ядру ЧН VI
- 7. Пучки в основании моста
- 8. Билатеральное корково-луковичное распределение волокон к двойному ядру, ядрам ЧН XI и XII и добавочному ядру спинного мозга
- 9. Пирамида продолговатого мозга
- 10. Билатеральное корково-луковичное распределение волокон к ядру ЧН VII для верхней части лица
- 11. Билатеральное корково-луковичное распределение волокон к ядру ЧН VII для нижней части лица

### Клинический комментарий

Корково-луковичный путь образует связи с обеими половинами ствола мозга и обеспечивает их функциональный контроль, а также формирует синапсы со всеми двигательными ядрами черепных нервов, кроме части ядра ЧН VII, отдающего аксоны к мышцам нижней половины лица. Эта система мышц нижней половины лица управляется отдельно при помощи контрлатеральных корково-луковичных аксонов. При повреждении колена внутренней капсулы в результате сосудистого поражения (или других причин) вдоль задней ножки внутренней капсулы развивается контрлатеральная гемиплегия и контрлатеральное опущение мышц нижней половины лица (мышцы верхней части лица не будут парализованы). Важно отличать центральный паралич лица от периферического паралича (паралича Белла), который приводит к полному параличу на затронутой стороне, включая невозможность собрать складки на лбу или совершить движение любой мышцей лица. В клинических исследованиях было показано, что у некоторых пациентов обнаруживаются в основном контрлатеральные корково-бульбарные связи с ядром ЧН XII и ипсилатеральные корково-спинномозговые соединения с добавочным ядром спинного мозга. Наличие у пациента этих двух необычных шаблонов распределения может привести к развитию тяжелых синдромов, связанных с поражением корково-спинномозгового пути, включая инсульт, однако последствия как правило длятся недолго.



Корково-спинномозговой путь — это главная система НДН переднего мозга, контролирующая ловкие осознанные движения и участвующая в регуляции обширной каскадной цепи НДН спинного мозга, ответственных за сложноорганизованное поведение, которое противопоставляется обычному мышечному тону и осанке. Корково-спинномозговой путь начинается от наиболее выпуклой части **двигательной коры**, а также от **зоны преддвигательной коры** и **дополнительной двигательной области** (зоны 4 и 6). Некоторые исследователи считают, что в образовании корково-спинномозгового пути также участвуют ответвления, идущие от постцентральной извилины, а именно от области первичной чувствительной коры (зоны 3, 1 и 2). Аксоны этой чувствительной области нельзя считать частью системы ВДН, управляющей НДН спинного мозга несмотря на то, что они входят в состав корково-спинномозгового пути.

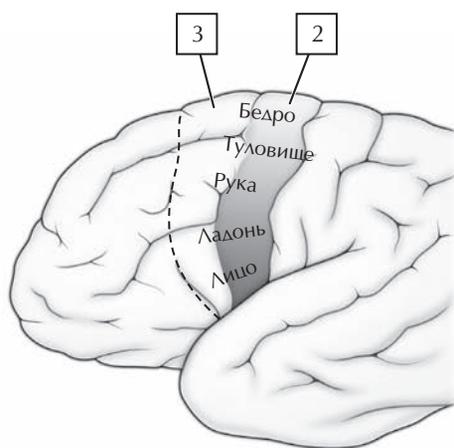
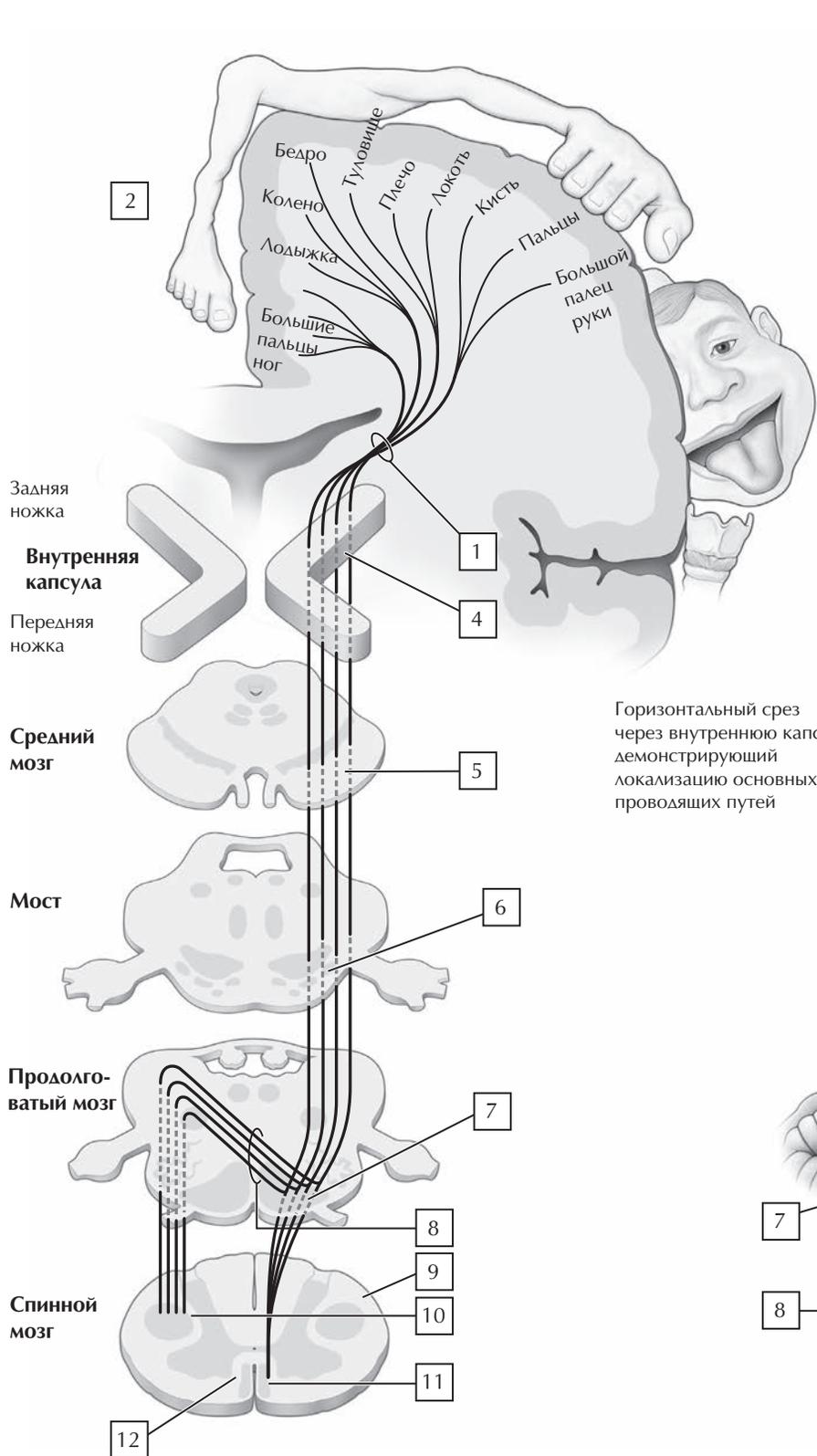
Аксоны входят в состав системы корково-ядерных волокон, заканчивающихся во вторичных чувствительных ядрах (тонком и клиновидном ядрах, заднем роге спинного мозга) и участвуют в регуляции лемнисковой чувствительной системы. Аксоны корково-спинномозгового пути проходят через ипсилатеральную **заднюю ножку внутренней капсулы, ножку мозга, пучки в основании моста и пирамиды продолговатого мозга**. В каудальном отделе продолговатого мозга приблизительно 80% аксонов пересекают срединную линию **в перекресте пирамид** (разделяющую линию между продолговатым мозгом и шейным отделом спинного мозга) и нисходят **в латеральном корково-спинномозговом пути в заднелатеральном канатике**. Эти аксоны оканчиваются в латеральной и центральной частях переднего рога спинного мозга, в основном в его шейном отделе. Они принимают участие в выполнении тонких, ловких движений. Эти аксоны образуют синапсы с НДН при помощи ассоциированных преддвигательных вставочных нейронов, но также могут образовывать непосредственные синапсы с НДН (у 10% людей). Оставшиеся 20% корково-спинномозговых аксонов продолжают движение вниз **в переднем канатике** в качестве **переднего корково-спинномозгового пути**, а затем пересекают срединную линию на уровне синапса через переднюю белую спайку. В пункте назначения они образуют синапсы с НДН и вставочными нейронами, связанными с мышцами туловища и мышцами верхней конечности. Только несколько корково-спинномозговых аксонов остаются ипсилатерально и образуют синапсы с ипсилатеральными НДН или вставочными нейронами. Корково-спинномозговые аксоны образуют синапсы как с альфа-НДН, так и с гамма-НДН, участвуя в регуляции их деятельности, а также запускают процесс альфа-гамма-коактивации.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

- 1. Корково-спинномозговой путь
- 2. Первичная двигательная кора прецентральной извилины (зона 4)
- 3. Преддвигательная кора и дополнительная двигательная область (зона 6)
- 4. Задняя ножка внутренней капсулы
- 5. Ножка мозга
- 6. Пучки в основании моста
- 7. Пирамиды продолговатого мозга
- 8. Перекрест пирамид (двигательный перекрест)
- 9. Дорсолатеральный пучок спинного мозга
- 10. Латеральный корково-спинномозговой путь
- 11. Передний корково-спинномозговой путь
- 12. Передний канатик спинного мозга

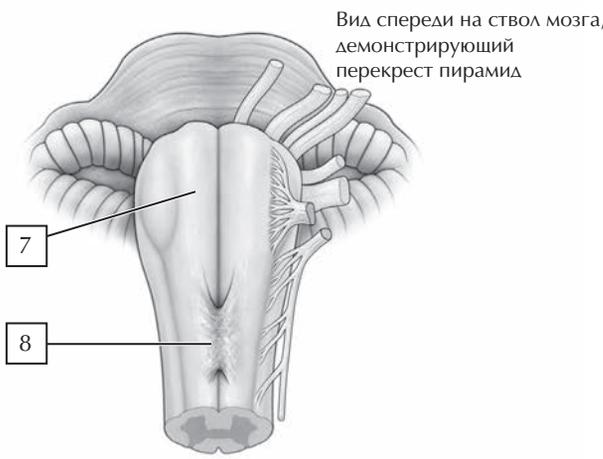
#### Клинический комментарий

Аксоны корково-спинномозгового пути редко повреждаются по отдельности. В задней ножке внутренней капсулы аксоны корково-спинномозгового пути проходят вместе с корково-красноядерными аксонами и другими корковыми волокнами к другим ВДН. В действительности повреждение корково-спинномозгового пути происходит совместно с аксонами красноядерно-спинномозгового пути в заднелатеральном пучке. Комбинация повреждения корково-спинномозговой и корково-красноядерной систем приводит к развитию классического синдрома ВДН, гемиплегии (приводящей к спастике), гипертонусу, гиперрефлексии и появлению патологических рефлексов (например, подошвенного разгибательного рефлекса, мышечных подергиваний). Повреждение единственной зоны, где аксоны корково-спинномозгового пути проходят в изоляции, в области пирамид продолговатого мозга, в результате инфаркта срединной артериальной ветви вертебробазиллярного бассейна приводит к трудностям пациента при попытке согнуть пальцы и кисть, развитию легкого гипотонуса, хотя мышечный спазм при этом не наблюдается. Таким образом подтверждается не только роль аксонов корково-спинномозгового пути в ловких движениях рук, но и то, что попытка классифицировать повреждения системы ВДН в задней ножке внутренней капсулы или в заднелатеральном канатике спинного мозга в качестве «синдрома пирамидного пути» в корне неверна.



Вид сбоку на кору головного мозга, топография волокон двигательных центров прецентральной извилины, преддвигательной коры и дополнительной двигательной области

Горизонтальный срез через внутреннюю капсулу, демонстрирующий локализацию основных проводящих путей



Вид спереди на ствол мозга, демонстрирующий перекрест пирамид

Некоторые исследователи описывают корково-красноядерную систему в качестве опосредованной корково-спинномозговой системы с более выраженным контролем за мускулатурой верхней конечности, в противоположность корково-спинномозговому пути, предназначенному для контроля за тонкими, ловкими движениями нижних конечностей. Ранее считалось, что эта система не имеет важного значения для жизнедеятельности человека, так как количество большесклеточных нейронов в ней невелико, однако недавние функциональные исследования показали, насколько важную роль она играет. **Красное ядро** — это большое ядро, расположенное в среднем мозге. Оно получает топографические входящие сигналы от ипсилатеральной **первичной двигательной коры (зоны 4)**. Аксоны клеток красного ядра среднего мозга в области **переднего покрышечного перекреста** нисходят в **латеральной части ствола мозга** и продолжают движение в **заднелатеральном пучке спинного мозга**. Перекрещенный **красноядерно-спинномозговой путь** проходит совместно с латеральным корково-спинномозговым путем, при этом некоторые из аксонов перекрещиваются внутри. Красноядерно-спинномозговые аксоны оканчиваются в основном на группе вставочных нейронов переднего рога, связанных как с альфа-, так и с гамма-НДН, в частности с теми, которые образуют синапсы с мускулатурой верхней конечности (особенно с **НДН мышц-сгибателей** верхних конечностей).

Красноядерно-спинномозговой путь имеет различное функциональное предназначение у человека и у четвероногих. У людей красноядерно-спинномозговые аксоны обеспечивают сгибание в верхних конечностях и предотвращают

сгибание в нижних конечностях. Некоторые аксоны нейронов красных ядер обеспечивают ипсилатеральную передачу сигналов к **ядрам ретикулярной формации**, ответственной за двигательную регуляцию тонуса сгибателей и осанку. **Мозжечок (шаровидное и пробковидное ядра)** обеспечивает обратную связь красного ядра.

### Клинический комментарий

Повреждение красного ядра и красноядерно-спинномозгового пути редко происходит отдельно. Наиболее частым местом поражения являются задняя ножка внутренней капсулы (корково-спинномозговые аксоны и красноядерно-спинномозговые аксоны) или заднелатеральный пучок спинного мозга (латеральный корково-спинномозговой путь и красноядерно-спинномозговой путь). Повреждение заднелатерального пучка приводит к развитию ипсилатерального к месту поражения классического синдрома ВДН (так как аксоны уже пересеклись) со спазмом мышц, гипертонусом, гиперрефлексией и появлением патологических рефлексов. Повреждение в области внутренней капсулы приводит к аналогичной клинической картине на контралатеральной к поражению стороне, так как корково-спинномозговые и красноядерно-спинномозговые аксоны еще не пересеклись. При повреждении коры головного мозга (и корково-спинномозговых аксонов) происходит растормаживание красных ядер, что приводит к сгибанию верхней конечности (в результате действия расторможенных красных ядер), а нижняя конечность при этом разгибается (в результате суммарного действия определенных групп ВДН ствола мозга). Такое состояние называется «декортикация» (декортикационная ригидность). При распространении поражения в каудальном направлении утрачивается сгибательное влияние красных ядер на верхние конечности. Мускулатура верхней конечности остается, в основном, под влиянием латерального преддверно-спинномозгового пути и ретикулярного пути. Латеральный преддверно-спинномозговой путь и ретикулярный путь моста оказывают мощное разгибательное влияние на все четыре конечности (децеребрационная поза) и мышцы шеи (опистотонус). Такой потенциально возможный переход от декортикационной ригидности к децеребрационной позе подчеркивает функциональную важность вышеперечисленных систем.

**РАСКРАСЬТЕ** каждую из приведенных ниже структур отдельным цветом.

1. Первичная двигательная кора (зона 4)
2. Входящие сигналы от мозжечка (шаровидное и пробковидное ядра) к красному ядру
3. Красное ядро
4. Передний покрышечный перекрест
5. Красноядерно-спинномозговой путь латеральной части ствола мозга
6. Латеральный корково-спинномозговой путь
7. Влияние красноядерно-спинномозгового пути на НДН мышц-сгибателей
8. Красноядерно-спинномозговой путь в заднелатеральном пучке спинного мозга
9. Медиальная ретикулярная формация

