

КЛИНИЧЕСКАЯ
НЕЙРОАНАТОМИЯ
И НЕВРОЛОГИЯ
ПО ФИЦДЖЕРАЛЬДУ

FITZGERALD'S CLINICAL NEUROANATOMY AND NEUROSCIENCE

7

SEVENTH
EDITION

Estomih Mtui, MD

Professor of Anatomy in Radiology
Director, Program in Anatomy and Body Visualization
Weill Cornell Medical College
New York, New York

Gregory Gruener, MD, MBA

Vice Dean for Education, Stritch School of Medicine
Ralph P. Leischner Jr., MD, Professor of Medical Education
Professor and Associate Chair, Department of Neurology
Loyola University Chicago
Maywood, Illinois

Peter Dockery, BSc, PhD

Professor of Anatomy
School of Medicine
College of Medicine, Nursing, & Health Sciences
National University of Ireland, Galway
Galway, Ireland

ELSEVIER

КЛИНИЧЕСКАЯ НЕЙРОАНАТОМИЯ И НЕВРОЛОГИЯ ПО ФИЦДЖЕРАЛЬДУ

ПЕРЕВОД СЕДЬМОГО ИЗДАНИЯ

Эстомих Мтуи
Грегори Грюнер
Питер Докери

Перевод с английского

А. В. Асоскова, Д. А. Воробьев, П. П. Виноградов

Под редакцией

академика РАН, д-ра мед. наук, профессора Ю. А. Щербука

д-ра мед. наук, профессора А. Ю. Щербука



Москва, 2018

УДК 611.81-89+616.8-00
ББК 56.1
М89

Мтуи, Эстомих, Л. и др.

М89 Клиническая нейроанатомия и неврология по Фицджеральду / Э. Мтуи, Г. Грюнер, П. Докери; пер. с англ. под ред. Ю.А.Щербука и А.Ю. Щербука. – М.: Издательство Панфилова, 2018. – 400 с.: илл.

ISBN 978-5-91839-091-7

Седьмое издание классического руководства, созданного выдающимся наставником и педагогом Т. Фицджеральдом, представляет собой подробное иллюстрированное руководство по анатомии и физиологии нервной системы. Многочисленные клинические примеры помогут упростить переход от теоретических знаний к практическим. Книга является одним из ведущих учебников по нейроанатомии в мире, она в четвертый раз заняла первое место в конкурсе на лучшую медицинскую книгу Британской Медицинской Ассоциации.

УДК 611.81-89+616.8-00
ББК 56.1

This edition of **Fitzgerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience, 7th edition by Estomih Mtui MD, Gregory Gruener, MD, MBA and Peter Dockery, BSe, PhD** is published by arrangement with Elsevier Inc.

Это издание **Fitzgerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience, 7th edition by Estomih Mtui MD, Gregory Gruener, MD, MBA and Peter Dockery, BSe, PhD** публикуется по соглашению с Elsevier Inc.

Copyright © 2016 by Elsevier, Inc. All rights reserved
ISBN: 978-0-7020-5832-5

ISBN 978-5-91839-091-7

© 2018 ООО «Издательство Панфилова»: перевод на русский язык, оригинал-макет, верстка, оформление

ПРЕДИСЛОВИЕ



Профессор Турла Фицджеральд (M.J. Turlough FitzGerald, 1929–2014) был хорошо известен и как преподаватель, и как исследователь в области анатомии. После непродолжительной клинической практики в 1954 году он становится старшим преподавателем анатомии колледжа Национального университета Ирландии в Корке, эту должность он занимал в течение девяти лет. В это время он посвящает свой годич-

ный творческий отпуск и несколько кратких периодов научной работы исследованиям на кафедрах анатомии Великобритании. С 1964 по 1968 год он работает в США — в Сент-Луисе и Сиэтле. После возвращения в Ирландию Т. Фицджеральд получает кафедру университетского колледжа (в настоящее время Национальный университет Ирландии в Голуэе). Здесь он работал всю оставшуюся часть своей профессиональной карьеры, систематически развивая и совершенствуя кафедру как центр высокого мастерства преподавания анатомии.

Т. Фицджеральд прежде всего был выдающимся наставником и педагогом. Диапазон и глубина его познаний распространялись на весь спектр анатомических дисциплин, охватывающий топографическую анатомию, эмбриологию, гистологию и нейроанатомию. Предпосылкой совершенного преподавания явилась его клиническая подготовка. Его лекции служили олицетворением самобытной наглядности. Неизбежно его педагогический энтузиазм воплотился в публикациях, в том числе в книге «Многочисленные вопросы вариационной анатомии»,

книгах по эмбриологии в соавторстве с женой Мив (1994), и особенно, его «Клинической нейроанатомии» (1985). Авторитет этого издания растет с каждой новой редакцией, учитывающей современное развитие стремительно меняющегося мира структурной и функциональной неврологии. Эта книга стала одним из ведущих учебников по нейроанатомии во всем мире, в четвертый раз заняв первое место в конкурсе на лучшую медицинскую книгу Британской Медицинской Ассоциации. В нынешнем (уже седьмом) издании, название изменено: в качестве наивысшего признания теперь оно включает эпоним. Отныне она будет называться FitzGerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience (Клиническая нейроанатомия и неврология по Фицджеральду), что утвердит ее статус, качество и значение в обширном море многочисленных публикаций.

Т. Фицджеральд также являлся видным исследователем и широко публиковался по обширному кругу вопросов. Основная часть его статей посвящена световой микроскопии периферической нервной системы и, в частности, чувствительной иннервации кожи. Принципиальными можно назвать его исследования, посвященные морфологии, развитию и созреванию периферических нервных окончаний. Другие публикации в области нейроанатомии затрагивают вопросы различий и общих черт проприорецепторов и ганглиев языка, иннервации кожных трансплантатов и структуре волокон периферических нервов.

Морис Джон Турла Фицджеральд получил степени кандидата медицинских наук, доктора медицины, и доктора наук Национального университета Ирландии. Он был членом Королевской Ирландской Академии.

John Fraher MB, FRCSEdin, PhD, DSc, FAS(hon), MRIA
Professor Emeritus of Anatomy, University College Cork

КОНСУЛЬТАНТЫ

Michael F. Dauzvardis PhD

Assistant Professor, Department of Medical Education
Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois

Robert J. Fryszak PhD

Associate Professor, Department of Medical Education
Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois

Martin D. Hamburg PhD

Associate Professor of Anatomy in Radiology
Program in Anatomy and Body Visualization
Weill Cornell Medical College
New York, New York

Rachel Koshi MBBS, MS, PhD

Professor of Anatomy in Cell and Developmental Biology
Weill Cornell Medical College in Qatar
Doha, Qatar

Brian Leonard PhD, DSc

Emeritus Professor of Pharmacology
National University of Ireland
Galway, Ireland

Mange Manyama MD, MSc, PhD

Head of Anatomy Department and Associate Dean of Medicine
Weill Bugando Medical College of Saint Augustine University
Mwanza, Tanzania

Santosh Sangari MBBS, MS

Associate Professor of Anatomy in Radiology
Program in Anatomy and Body Visualization
Weill Cornell Medical College, New York, New York

СТУДЕНТЫ-КОНСУЛЬТАНТЫ

R. Scott Runyon

Weill Cornell Medical College, New York
New York
Год окончания учебного заведения: 2017

Sean Maxwell

Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois
Год окончания учебного заведения: 2016

Elizabeth Carroll

Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois
Год окончания учебного заведения: 2017

Daniel Burkett

Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois
Год окончания учебного заведения: 2017

Jared M. Miller

Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois
Год окончания учебного заведения: 2017

Amanda Williams

Loyola University Chicago Stritch School of Medicine
Maywood, Illinois
Год окончания учебного заведения: 2017

Noreen Tagney

National University of Ireland
Galway, Ireland
Год окончания учебного заведения: 2018

Brendan Moran

National University of Ireland
Galway, Ireland
Год окончания учебного заведения: 2018

Предисловие к шестому изданию этой книги профессор Фицджеральд начал со слов о том, что для студентов-медиков она должна стать *vade mecum* или «путеводителем». Он понимал, что первое знакомство студентов с неврологией происходит в учебных комнатах, и потому рассчитывал, что это пособие послужит введением в практическую медицину. Прежде чем студенты начнут разбираться в клинических проявлениях различных неврологических заболеваний, они для начала должны освоиться с анатомией и физиологией нервной системы, как на микро-, так и на макроуровне. Чтобы упростить переход от теоретических знаний к практическим, в книге приводится большое количество клинических примеров. И хотя профессор Фицджеральд не планировал написание клинического руководства, невозможно понять (и даже запомнить) функциональную нейроанатомию без знания того, чем обернется поражение той или иной структуры. Вероятно, точнее всего свое видение он сформулировал в следующей фразе: «Под вертикальной организацией мы пониманием единство и непрерывность анатомии, физиологии и патофизиологии; ее принципы подчинены четкой логике, поэтому овладеть ими крайне важно».

СТРАНИЦЫ И ГЛАВЫ

В новом издании каждая глава была переработана и дополнена, поэтому мы надеемся, что это руководство стало еще актуальнее и проще для восприятия. После краткого обзора эмбриологии нервной системы в первой главе, мы перейдем к рассмотрению топографии головного мозга, спинного мозга и окружающих их мозговых оболочек (главы 2–4). В пятой главе разберем клинически значимую тему — *кровообращение*. Микроскопического и ультрамикроскопического строения нейронов (нервных клеток) и нейроглии (окружающего «нейронного клея») мы коснемся в шестой главе. Также в шестой главе мы рассмотрим последствия распространения опухолей нейроглиального происхождения.

В седьмой главе мы сосредоточим наше внимание на том, какие электрофизиологические механизмы лежат в основе зарождения нервного импульса, а затем увидим, как этот импульс, достигнув окончания аксона и его ветвей, вызывает выброс возбуждающих или ингибиторных молекул, воздействующих на целевые нейроны. Эти молекулы — «столпы» нейрофармакологии — мы подробно рассмотрим в Главе 8. Главы 9–11 посвящены структуре и анатомии периферических нервов, которые отходят от спинного мозга и иннервируют мышцы и кожу туловища и конечностей. Темы электрофизиологии мы вновь коснемся в Главе 12, посвященной *электромиографии*. Этот метод исследования широко используется в диагностике заболеваний периферических нервов.

Глава 13 посвящена *вегетативной нервной системе*. Мы увидим, как обеспечивается регуляция тонуса гладкомышечного слоя сосудов, а также работа пищеварительной и мочеполовой систем. *Спинномозговые нервы* (Глава 11), отходящие от спинного мозга, являются «смешанными» (имеют и чувствительный, и двигательный компонент). Они иннервируют всю поперечно-полосатую мускулатуру и кожу туловища и конечностей. Главы 15 и 16 посвящены собственно *спинному мозгу*.

Ствол мозга (продолговатый мозг, мост и средний мозг) связывает спинной мозг с полушариями головного мозга. Поперечные срезы ствола мозга можно увидеть в Главе 17. Черепные нервы, отходящие от ствола мозга (III–XII) описаны в Главах 19–23. В Главе 24 рассматривается строение *ретикулярной формации*, которая, в числе прочего, соединяет черепные нервы друг с другом.

В задней черепной ямке располагается *мозжечок* (Глава 25). Он получает *афферентные* («приносящие») волокна от поперечно-полосатых мышц, а его *эфферентные* («выносящие») волокна направляются к двигательной коре больших полушарий. Плавностью выполнения всех своих произвольных движений мы обязаны мозжечку.

Гипоталамус (Глава 26) впервые обнаруживается еще у рептилий. Он контролирует основные механизмы, обеспечивающие выживание особи: прием пищи и жидкости, терморегуляцию, сон. Над гипоталамусом находятся *таламус* и *эпиталамус* (Глава 27). Таламус имеет обширные связи с корой больших полушарий и со спинным мозгом.

Зрительные пути, описанные в Главе 28, являются самыми протяженными из всех горизонтальных путей, поскольку простираются от самой передней части головного мозга (сетчатки) до его заднего полюса (затылочная кора). Клиническое значение этого пути весьма очевидно.

В Главе 29 рассматривается гистологическое строение *кору больших полушарий*, также здесь приведен обзор основных функций, которые выполняют те или иные участки коры. Электрическая активность головного мозга оценивается при помощи *электроэнцефалографии* (Глава 30) и *вызванных потенциалов* (Глава 31). Функциональные различия между правым и левым полушариями мы рассмотрим в Главе 32 — *Межполушарные асимметрии*.

Базальные ганглии (Глава 33) представляют собой группу ядер, расположенных в основании головного мозга и отвечающих преимущественно за контроль двигательных функций. Наиболее распространенной болезнью, в основе которой лежит нарушение этого контроля, является *болезнь Паркинсона*.

Наконец, в Главе 34 мы рассмотрим *обонятельную и лимбическую системы*. Последняя играет роль в формировании памяти и в возникновении эмоциональных реакций.

Глава 35 посвящена *цереброваскулярной болезни*. Основное назначение этой главы — показать, к каким функциональным нарушениям приведет кровоизлияние или тромбоз в том или ином участке головного мозга.

ТИТУЛЬНАЯ СТРАНИЦА ГЛАВЫ

- *Краткое содержание.* Перечень вопросов, которые будут рассмотрены в данной главе.
- *Врезки.* Список анатомических структур и физиологических аспектов, которые будут рассмотрены подробно.
- *Клинические вопросы.* Список функциональных нарушений, связанных с основным материалом главы.
- *Необходимо изучить.* Небольшой комментарий по текущему материалу, в котором отмечаются наиболее важные с точки зрения клиники моменты.

ОСОБЕННОСТИ ВЕБСАЙТА — ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ

- *Клинические примеры.* 30 примеров (127 слайдов), на которых показано, к каким клиническим последствиям приведет травма или другое повреждение нервной системы.
- *Обучение.* Для каждой главы доступен обучающий раздел. «Щелкнув» по соответствующей ссылке, читатель увидит описание той или иной темы, за которым во многих случаях следует блок с тестированием.
- *Тестирование.* Для каждой главы доступен ряд тестовых вопросов. Всего представлено более 200 вопросов в формате USMLE. В половине случаев к вопросу прилагается иллюстрация.

РЕСУРСЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

На нашем интернет-сайте Evolve вы можете найти базу изображений, которые можно использовать для подготовки к лекциям. Для получения большей информации свяжитесь с вашим торговым представителем, либо сами запросите доступ по ссылке <http://evolve.elsevier.com>

EM
GG
PD
2015

КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Главы

Эмбриология

Топография мозга

Средний мозг, задний мозг,
спинной мозг

Оболочки мозга

Кровоснабжение головного мозга

Нейроны и нейроглия

Электрические процессы

Медиаторы и рецепторы

Периферические нервы

Иннервация мышц и суставов

Иннервация кожи

Электродиагностика

Вегетативная нервная система

Нервные корешки

Восходящие проводящие пути
спинного мозга

Нисходящие проводящие пути спинно-
го мозга

Ствол мозга

Четыре нижних пары черепных нервов

Вестибулярный нерв

Улитковый нерв

Тройничный нерв

Лицевой нерв

Глазодвигательные нервы

Ретикулярная формация

Мозжечок

Гипоталамус

Таламус, эпителиум

Зрительные проводящие пути

Кора головного мозга

Электроэнцефалография

Вызванные потенциалы

Межполушарные асимметрии

Базальные ганглии

Обонятельная и лимбическая системы

Цереброваскулярная болезнь

Клинические аспекты

(Пояснительные схемы)

(Пояснительные схемы)

(Пояснительные схемы)

Эпидуральная гематома. Субдуральная гематома. Гидроцефалия. Менингит. Люм-
бальная пункция. Эпидуральная анестезия. Каудальная анестезия.

Повреждение гематоэнцефалического барьера

Опухоли головного мозга. Рассеянный склероз. Нарушения нейронального транспор-
та.

(Пояснительные схемы)

Общие клинические вопросы, касающиеся патофизиологии и фармакологии

Повреждение и восстановление

Миофасциальный болевой синдром. (Пояснительные схемы)

Нейрогенное воспаление. Лепра.

Периферические нейропатии, в том числе вызванные ущемлением нервов. *Myasthe-
nia gravis*.

Синдром Горнера. Болезнь Рейно. Блокада звездчатого ганглия. Поясничная сим-
патэктомия. Синдром раздраженного кишечника. Висцеральная боль. Препараты,
воздействующие на симпатический и парасимпатический отделы нервной системы.
Spina bifida. Шейный спондилез. Грыжа межпозвоночного диска.

Сирингомиелия

Поражение верхних мотонейронов. Поражение нижних мотонейронов. Травма спин-
ного мозга.

(Пояснительные схемы)

Надъядерное, ядерное, подъядерное поражение

Нарушения равновесия. Латеральный медуллярный синдром.

Кондуктивная тугоухость. Нейросенсорная тугоухость.

Невралгия тройничного нерва. Отраженная боль при заболеваниях головы и шеи.

Повреждения лицевого нерва. Акустическая невринома.

Наиболее распространенные параличи

Регуляция работы сердечно-сосудистой, дыхательной, мочевыделительной систем,
опорно-двигательного аппарата. Спинальная и супраспинальная антиноцицептивные
системы.

Клиника проявления поражения червя, передней доли и полушарий мозжечка (неоце-
ребеллум). Мозжечковый когнитивный аффективный синдром.

Поражение гипоталамуса. Большое депрессивное расстройство.

(Пояснительные схемы)

Повреждение зрительных проводящих путей

Синдром мышечной скованности. (Пояснительные схемы)

Нарколепсия. Судороги и эпилепсия.

Диагностическое значение зрительных, слуховых, соматосенсорных и двигательных
потенциалов. Акупунктура.

Афазия. Апрозодия. Задержка психоречевого развития. Повреждение лобной доли.
Повреждение теменной доли.

Болезнь Паркинсона. Церебральный паралич. Болезнь Гентингтона. Гемибаллизм.

Аносмия. Болезнь Альцгеймера. Сложные парциальные припадки. Шизофрения. Нар-
котическая зависимость.

Синдромы поражения головного мозга. Восстановление двигательных функций после
инсульта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

AMPA-рецепторы — рецепторы аминокислоты
изоксазол-пропионовой кислоты
CA — cornu ammonis (область гиппокампа)
GIRK-каналы — G-белок-связанные калиевые каналы
внутреннего выпрямления
Gi-белок — G-белок, оказывающий тормозное влияние
Gs-белок — G-белок, оказывающий возбуждающее влияние
NANC-нейроны — неадренергические, холинергические
нейроны
NMDA — N-метил-D-аспартат
NMDA-рецепторы — рецепторы N-метил-D-аспартата
SI — первичная соматосенсорная кора
SII — вторичная соматосенсорная кора
VIP — вазоактивный интестинальный пептид
АДГ — антидиуретический гормон
АКТГ — адренокортикотропный гормон
AMPA-K — AMPA-каинатные рецепторы
AMPA-рецепторы — рецепторы к -амино-3-гидрокси-
5-метил-4-изоксазол-пропионовой кислоте
АТФ — аденозинтрифосфат
АХ — ацетилхолин
АХЭ — ацетилхолинэстераза
ацетил-КоА — ацетилокофермент А
БА — болезнь Альцгеймера
БАС — боковой амиотрофический склероз
БДГ — быстрые движения глаз
БП — болезнь Паркинсона
БЯШ — большое ядро шва
ВАРС — восходящая активирующая ретикулярная система
ВБШ — внутренняя часть бледного шара
ВЗМЯ — вентральное заднемедиальное ядро
ВЗЯ — вентральное заднее ядро
ВИП — вазоактивный интестинальный полипептид
ВЛЯ — вентральное латеральное ядро
ВНС — вегетативная нервная система
ВОП — вентральная область покрышки
ВПСП — возбуждающий постсинаптический потенциал
ВПЯ — вентральное переднее ядро
ВСОС — вызванный слуховой ответ ствола
ГАМК — -аминомасляная кислота
ГДФ — гуаниндифосфат
ГКСМ — грудно-ключично-сосцевидная мышца
ГТФ — гуанинтрифосфат
ДАГ — диацилглицерол
ДВП — долговременная потенция
ДЛПФК — дорсолатеральная префронтальная кора
ДМЗ — дополнительная моторная зона
ДМО — дополнительная моторная область
ДМЯ — дорсальное медиальное ядро
ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
ДОСМ — двигательная область среднего мозга
ДОФА — дигидроксифенилаланин
ДПП — дорсальный продольный пучок
ДСЗ — дополнительная сенсорная зона
ЖКТ — желудочно-кишечный тракт
ИНП — исследование нервной проводимости
ИТФ — инозитолтрифосфат
ИЯК — интерстициальное ядро Кахаля
КЛ — кортиколиберин
КОМТ — катехол-О-метилтрансфераза
КСП — корково-спинномозговой путь

ЛКТ — латеральное коллатеральное тело
МАО — моноаминоксидаза
МПП — медиальный продольный пучок
МРТ — магнитно-резонансная томография
МТТ — миофасциальные триггерные точки
НБДГ — небыстрые движения глаз
НБШ — наружная часть бледного шара
НПР — нейрон переднего рога
ОВА — общий висцеральный афферентный столб
ОВСВ — околосерозное серое вещество
ОВЭ — общий висцеральный эфферентный столб
ОЖО — околожелудочковые органы
ОСА — общий соматический афферентный столб
ОСЭ — общий соматический эфферентный столб
ПВЯ — передневентральное ядро
ПДДЕ — потенциал действия двигательной единицы
ПДС — повышенная дневная сонливость
ПКС — протеинкиназа С
ПНС — периферическая нервная система
ППК — передняя поясная кора
ПРФМ — парамедианная ретикулярная формация моста
ПЭТ — позитронная эмиссионная томография
РГ — рилизинг-гормоны
риМПП — ростральное интерстициальное ядро МПП
РС — рассеянный склероз
РЯТ — ретикулярное ядро таламуса
СВА — специальный висцеральный афферентный столб
СВСЭП — синдром внезапной смерти при эпилепсии
СВЭ — специальный висцеральный (бронхиальный) эффе-
рентный столб
СГБ — синдром Гийена-Барре
СДПД — суммационный двигательный потенциал действия
СМЖ — спинномозговая жидкость
СПДМ — суммарные потенциалы действия мышцы
СПДН — скорость проведения двигательного нерва
СПЧН — скорость проведения чувствительных нервов
СРК — синдром раздраженного кишечника
СРЧ — синдром ригидного человека
ССА — специальный соматический афферентный столб
ССЯ — серобугорно-сосцевидное ядро
СТ — статины
СТЯ — субталамическое ядро
СЧПД — суммарные чувствительные потенциалы действия
СЧЧС — сетчатая часть черной субстанции
ТГДП — теменное глазодвигательное поле
ТИА — транзиторная ишемическая атака
ТМС — транскраниальная магнитная стимуляция
ТОВК — теменно-островковая вестибулярная кора
ТПСП — тормозный постсинаптический потенциал
ФГДП — фронтальное глазодвигательное поле
фМРТ — функциональная магнитно-резонансная томография
цАМФ — циклический аденозинмонофосфат
ЦНС — центральная нервная система
ЦП — церебральный паралич
ЦПБН — центральные проецирующие боль нейроны
ЦСДП — центральная скорость двигательного проведения
ЧЭСН — чрескожная электростимуляция нервов
ЭМГ — электромиография
ЭНС — энтеральная нервная система
ЭЭГ — электроэнцефалография

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Эмбриология, 1
2. Топография мозга, 7
3. Средний мозг, задний мозг, спинной мозг, 28
4. Оболочки мозга, 43
5. Кровоснабжение головного мозга, 53
6. Нейроны и нейроглия, 67
7. Электрические процессы, 80
8. Медиаторы и рецепторы, 91
9. Периферические нервы, 110
10. Иннервация мышц и суставов, 119
11. Иннервация кожи, 128
12. Электродиагностика, 133
13. Вегетативная нервная система, 147
14. Нервные корешки, 163
15. Восходящие проводящие пути спинного мозга, 174
16. Нисходящие проводящие пути спинного мозга, 184
17. Ствол мозга, 196
18. Четыре нижних пары черепных нервов, 214
19. Вестибулярный нерв, 221
20. Улитковый нерв, 227
21. Тройничный нерв, 233
22. Лицевой нерв, 239
23. Группа глазодвигательных нервов, 244
24. Ретикулярная формация, 253
25. Мозжечок, 267
26. Гипоталамус, 277
27. Таламус, эпителиум, 284
28. Зрительные проводящие пути, 289
29. Кора головного мозга, 299
30. Электроэнцефалография, 316
31. Вызванные потенциалы, 325
32. Межполушарные асимметрии, 333
33. Базальные ганглии, 343
34. Обонятельная и лимбическая системы, 352
35. Цереброваскулярная болезнь, 375

Оболочки мозга

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Оболочки головного мозга

Твердая оболочка мозга
Менингеальные артерии
Паутинная оболочка мозга
Мягкая оболочка мозга
Субарахноидальные цистерны
Оболочки зрительного нерва

Оболочки спинного мозга

Циркуляция спинномозговой жидкости БЛОКИ КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Эпидуральные и субдуральные кровоизлияния
Поясничная пункция
Гидроцефалия

НЕОБХОДИМО ИЗУЧИТЬ

1. Научитесь отличать строение твердой мозговой оболочки от строения мягкой и паутинной оболочек.
2. Научитесь проследивать ход спинномозговой жидкости от верхнего сагиттального синуса до внутренней яремной вены и от глазной вены до сигмовидного синуса.
3. Запомните названия нервов, иннервирующих твердую мозговую оболочку (а) супратенториального и (б) субтенториального пространств.
4. Укажите, какие сосуды повреждаются при эпидуральном, субдуральном и субарахноидальном кровоизлияниях.
5. Объясните механизм развития отека диска зрительного нерва и причину, по которой при этом состоянии противопоказано проведение поясничной пункции.
6. Проследите ход спинномозговой жидкости от бокового желудочка до (а) места ее перехода в кровяное русло и (б) места введения иглы при поясничной пункции.
7. Изучите основную причину возникновения гидроцефалии (а) у детей и (б) у взрослых; объясните, почему в обоих случаях причиной гидроцефалии становится «затруднение оттока».

Защитную функцию для структур центральной нервной системы (ЦНС) выполняют оболочки мозга и спинномозговая жидкость. К оболочкам мозга относят прочную **твердую мозговую оболочку**, или **пахименинкс** (греч. *pachymeninx* — толстая оболочка), и **лептоменинкс** (греч. *leptomeninges* — тонкие оболочки), представленный **паутинной мозговой оболочкой** и **мягкой мозговой оболочкой**. Между паутинной и мягкой оболочками мозга расположено **субарахноидальное (подпаутинное) пространство**, заполненное спинномозговой жидкостью.

ОБОЛОЧКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Твердая мозговая оболочка

В различных источниках можно встретить разное описание твердой мозговой оболочки. Твердая мозговая оболочка представляет собой толстый слой фиброзной ткани. Твердая мозговая оболочка сращена с эндостом черепа (внутренней частью надкостницы) практически на всем протяжении, за исключением участка, где оболочка загибается к внутренней стороне свода черепа и области, где оболочка проходит вдоль основания черепа. В местах отхождения от надкостницы твердая мозговая оболочка формирует венозные синусы (рис. 4.1).

Твердая мозговая оболочка формирует в полости черепа две большие складки, функция которых — стабилизация структур мозга: **серп мозга** и **намет мозжечка**.

Серп мозга расположен в продольной трещине между двумя полушариями. Серп мозга прикрепляется к **петушину гребню** решетчатой кости и, расширяясь, доходит до верхнего края намета мозжечка. Вдоль линии свода черепа фиксированный край серпа мозга ограничивает **верхний сагиттальный синус**. Свободный край серпа мозга образует **нижний сагиттальный синус**, который, объединяясь с **большой мозговой веной Галена**, вливается в **прямой синус**. Прямой синус расположен вдоль линии соединения серпа мозга с наметом мозжечка и сливается с верхним сагиттальным синусом в области **стока синусов**.

Намет мозжечка полулунной формы присоединяется к серпу мозга и огибает сверху заднюю черепную ямку. Фиксированный край намета мозжечка на внутренней поверхности затылочной кости формирует **поперечные синусы**, а на верхней границе каменной части височной кости — **верхние каменные синусы**. Намет мозжечка прикрепляется к заднему клиновидному отростку клиновидной кости. Большая часть крови из верхнего сагиттального синуса переходит в правый поперечный синус (рис. 4.2).

Свободный край намета мозжечка по форме напоминает подкову. Верхние концы этой «подковы» прикрепляются к переднему клиновидному отростку и соединяются между собой листком твердой мозговой оболочки — **диафрагмой турецкого седла**. Латеральнее твердая мозговая оболочка от концов «подковы» намета мозжечка переходит на область средней черепной ямки и с каждой стороны формирует **пещеристые (кавернозные)**

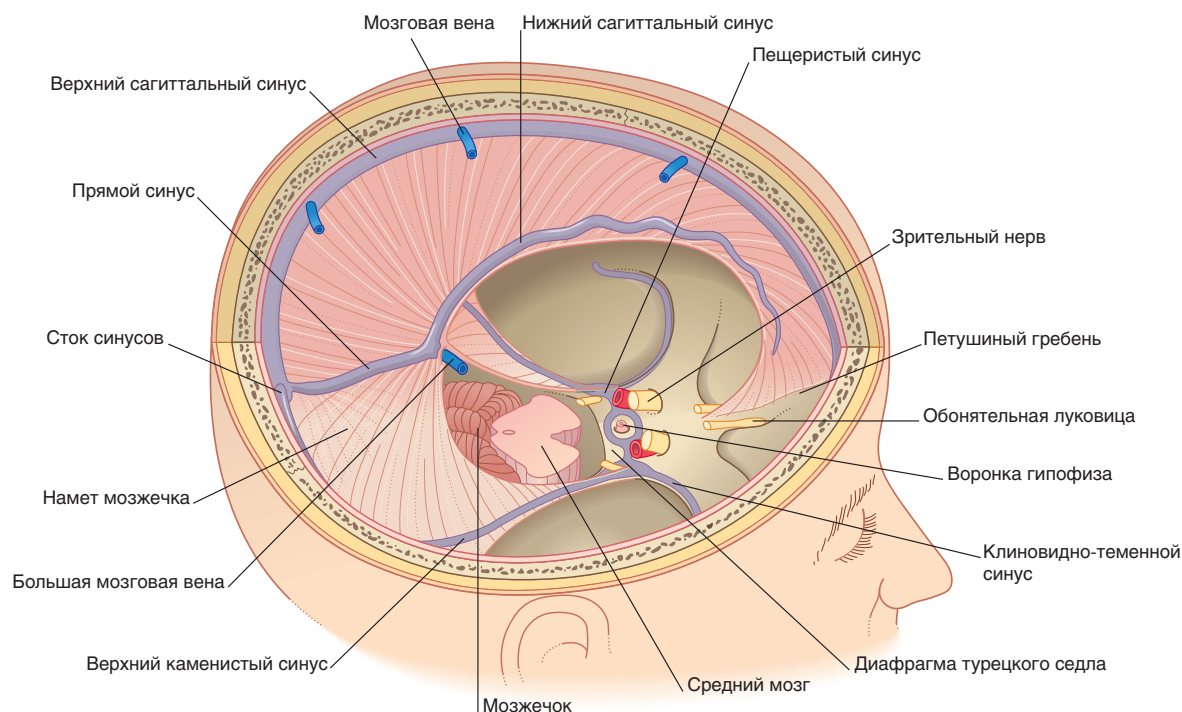


РИСУНОК 4.1 Твердая мозговая оболочка и ее синусы. Средний мозг располагается в вырезке намета мозжечка.

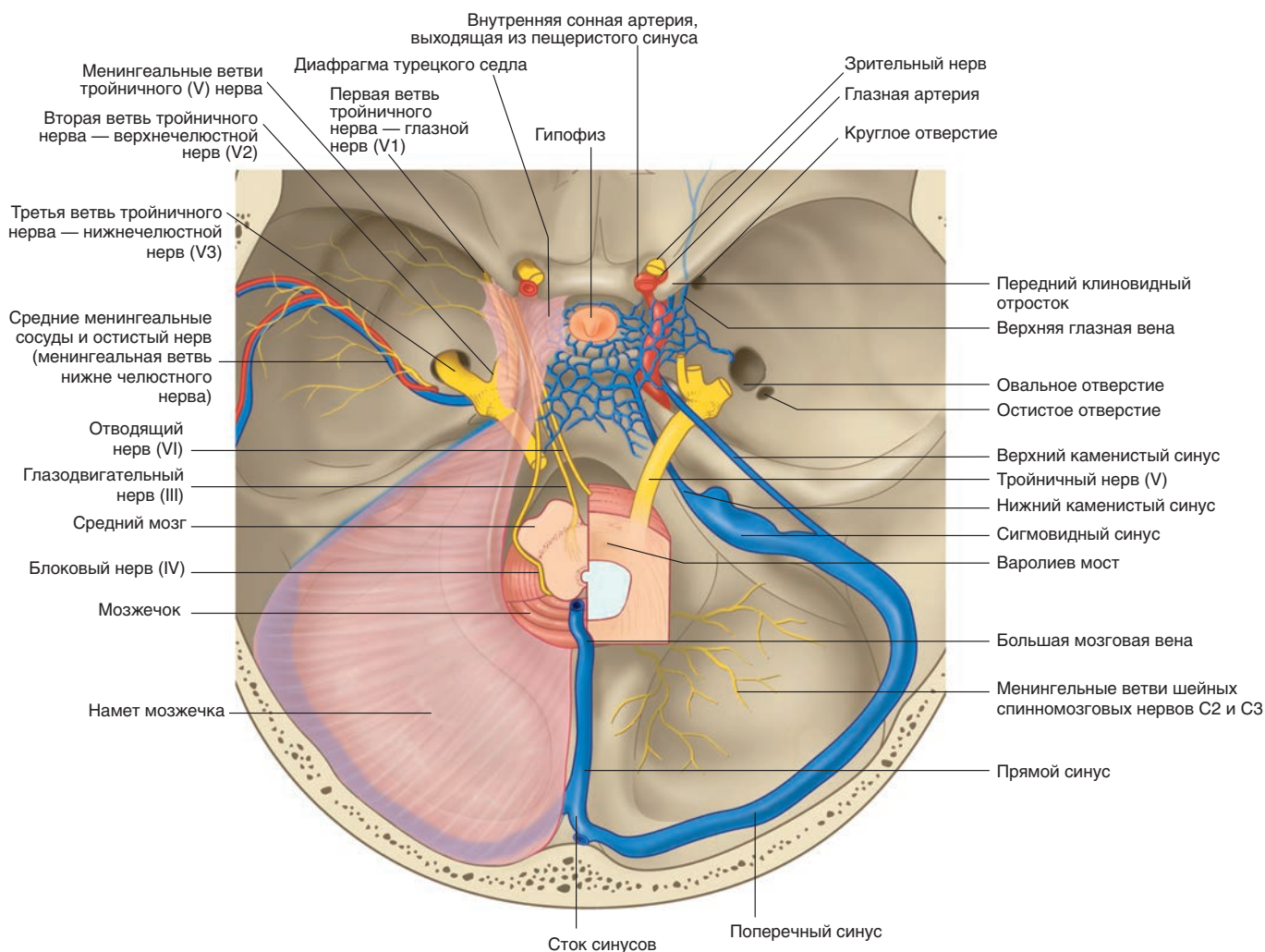


РИСУНОК 4.2 Венозные синусы основания черепа. Твердая мозговая оболочка справа удалена. На вставке показано место расположения углублений для синусов в черепе. С левой стороны показан средний мозг (срез на уровне вырезки намета мозжечка). С правой стороны показано место прикрепления тройничного нерва к варолиеву мосту (срез на нижнем уровне).

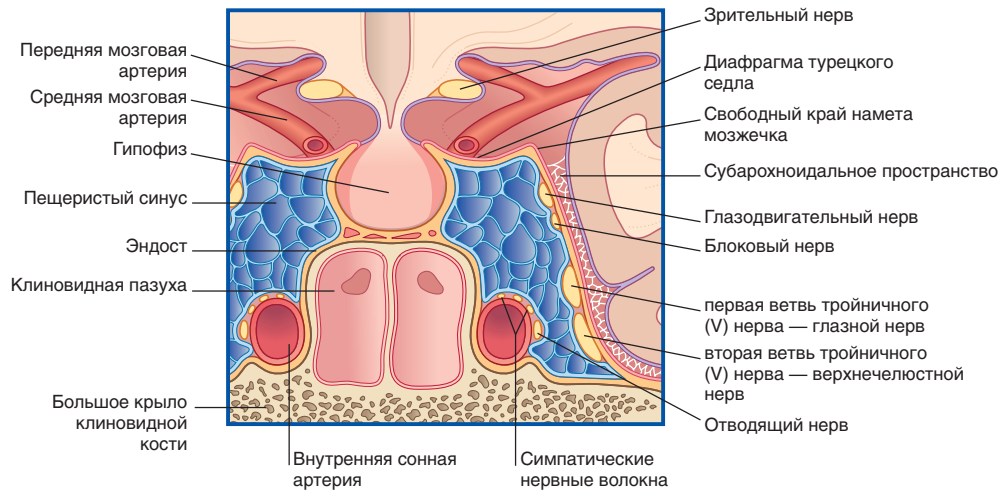


РИСУНОК 4.3 Пещеристый синус (коронарный срез).

синусы (рис. 4.3). Позади клиновидной кости вогнутая часть «подковы» намета мозжечка окружает средний мозг.

Пещеристые синусы принимают кровь из глазных вен орбиты. Верхний каменистый синус соединяется с поперечным синусом в месте его перехода в **сигмовидный синус**. Сигмовидный синус спускается вдоль затылочной кости и открывается в луковичку внутренней яремной вены. Кроме того, в луковичку внутренней яремной вены открывается **нижний каменистый синус**, который проходит вниз вдоль края затылочной кости.

Намет мозжечка разделяет полость черепа на **супратенториальное пространство**, в котором расположен ствол мозга, и **субтенториальное пространство**, в котором находится задняя часть головного мозга. К нижней поверхности намета мозжечка и внутреннему затылочному гребню затылочной кости прикреплен небольшой **серп мозжечка**.

Иннервация твердой мозговой оболочки

Иннервацию твердой мозговой оболочки, выстилающей супратенториальное пространство, обеспечивает тройничный нерв. Иннервацию передней черепной ямки, передней части серпа мозжечка и намета мозжечка осуществляет глазная ветвь тройничного нерва, а иннервацию средней черепной ямки и средней части свода черепа — в основном **остистый нерв** (менингеальная ветвь нижнечелюстного нерва) (рис. 4.2). Тройничный нерв образует нижнечелюстную ветвь, которая выходит из полости черепа через овальное отверстие. Затем тройничный нерв проходит через остистое отверстие, сопровождая **среднюю менингеальную артерию** и ее ветви. Растяжение или воспаление твердой мозговой оболочки супратенториального пространства вызывает головные боли в лобной и теменной зонах.

Иннервацию твердой мозговой оболочки, выстилающей субтенториальное пространство, обеспечивают ветви трех шейных спинномозговых нервов, проходящих через большое затылочное отверстие, а также ветви блуждающего и подъязычного нервов. В состав всех менингеальных нервов входят вегетативные симпатические постганглионарные нервные волокна. Патологические процессы в твердой мозговой оболочке субтенториального пространства вызывают боли в затылочной области и в задней части шеи. Острое воспаление оболочек мозга

с вовлечением оболочек задней черепной ямки проявляется **ригидностью шейных мышц** и часто **приведением головы** вследствие рефлекторного сокращения задних затылочных мышц, иннервацию которых осуществляют шейные спинномозговые нервы. **Субаракноидальные кровоизлияния**, локализующиеся вокруг задней части мозга (глава 35), сопровождаются сильнейшей головной болью.

Менингеальные артерии

Некоторые **менингеальные артерии** проходят в надкостнице; главная функция этих артерий — кровоснабжение **губчатого вещества костного мозга**. Самая крупная — **средняя менингеальная артерия**, разветвляющаяся на внутренней поверхности височной и теменной костей. Разрыв средней менингеальной артерии и сопровождающей ее вены — самая частая причина **эпидуральных кровоизлияний** (рис. 4.4, блок клинической информации 4.1).

Задние и передние ветви средней менингеальной артерии

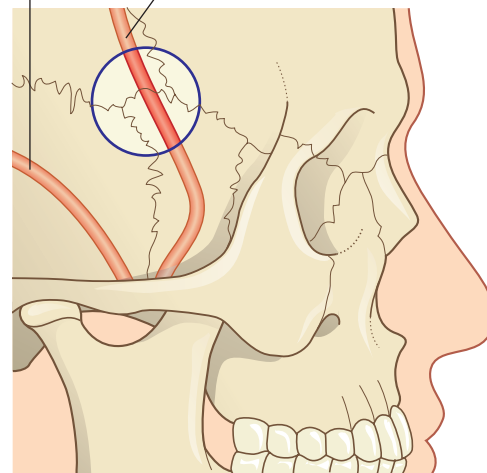


РИСУНОК 4.4 Череп (вид сбоку). Птерион (выделен кружком).

БЛОК КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ 4.1 ЭПИДУРАЛЬНЫЕ И СУБДУРАЛЬНЫЕ КРОВОИЗЛИЯНИЯ

Эпидуральные (экстрадуральные) кровоизлияния в большинстве случаев образуются в результате удара по голове с силой, достаточной для возникновения перелома костей черепа с сопутствующим разрывом передней или задней ветви средней менингеальной артерии. В большинстве случаев пациенты теряют сознание, если вовремя не принять меры. В редких случаях наблюдают **светлый промежуток** между моментом **сотрясения мозга** и потерей сознания, который может длиться несколько часов. Нарастание головной боли и сонливости свидетельствует о **сдавлении головного мозга** увеличивающейся гематомой. При отсутствии дренирования гематомы наступают кома и смерть пациента. Частое место возникновения эпидуральных гематом — **птерион**: область, соответствующая месту схождения швов черепа, по форме напоминающая букву «Н». Птерион расположен над передней ветвью средней менингеальной артерии (рис. 4.4).

Субдуральные гематомы возникают в результате повреждения поверхностных вен мозга, идущих от мозга к венозным синусам. **Острые субдуральные кровоизлияния** в большинстве случаев возникают у детей при тяжелых повреждениях головы, в связи с чем необходимо предполагать этот диагноз, если ребенок потерял сознания после травмы головы. Причиной возникновения такой ситуации в домашних условиях может быть избиение ребенка. **Подострые субдуральные кровоизлияния** возникают после травмы головы и характерны для людей любого возраста. Симптомы и признаки повышенного внутричерепного давления (глава 6) могут развиваться в течение трех недель после травмы.

Хронические субдуральные кровоизлияния характерны для людей старшей возрастной группы, поскольку у пожилых людей вены мозга становятся хрупкими и натягиваются в результате сжатия «стареющего» мозга. Для возникновения таких кровоизлияний достаточно даже легкой травмы головы; в некоторых случаях гематома возникает в отсутствие травмы. У большей части пациентов наблюдают нарушения свертывания крови (например, в результате приема антикоагулянтов или злоупотребления алкоголем). Отмечают разнообразные симптомы хронических субдуральных кровоизлияний: изменения личности, головные боли, а также эпилептические припадки.

Рекомендуемая литература

- Botash AS. He fell from dad's arms: subdural hemorrhages in an infant. J Pediatr. 2013;162:1061–1064.
- Busl K, Prabhakaran S. Predictors of mortality in nontraumatic subdural hematoma: clinical article. J Neurosurg. 2013;119:1296–1301.
- Ei-Fiki M. Acute traumatic subdural hematoma outcome in patients older than 65 years. World Neurosurg. 2012;78:228–230.
- Squier W, Mack J, Green A, et al. The pathophysiology of brain swelling associated with subdural hemorrhage: the role of the trigeminovascular system. Child Nerv Syst. 2012;28:2005–2015.
- Kubal WS. Updated imaging of traumatic brain injury. Radiol Clin N Am. 2012;50:15–41.
- Zakaria Z, Kaliaperumal C, Kaar G, O'Sullivan M, et al. Extradural haematoma — To evacuate or not? Revisiting treatment guidelines. Clin Neurol Neurosurg. 2013;115:1201–1205

Паутинная оболочка мозга

Паутинная (греч. *arachne* — паук) оболочка мозга представляет собой тонкий слой фиброзной ткани, плотно прилегающий к твердой мозговой оболочке (рис. 4.5). Клетки наружного слоя паутинной оболочки образуют плотные контакты, изолирующие **субарахноидальное пространство**. От паутинной оболочки отходят многочисленные трабекулы к мягкой оболочке мозга.

Мягкая оболочка мозга

Мягкая, или сосудистая, оболочка плотно прилегает к мозгу, повторяет его очертания и выстилает многочисленные борозды мозга (рис. 4.5). Мягкая мозговая оболочка, как и паутинная,

образована фиброзной соединительной тканью. Расположенные поверхностно клеточные структуры проницаемы для спинномозговой жидкости. Волокнистые структуры расположены в узком **подсосудистом пространстве**, которое также переходит на **периваскулярные пространства** сосудов поверхностных слоев мозга.

Обратите внимание: в норме субдуральное пространство очень незначительно выражено (узкое и щелевидное). Однако оно расширяется при просачивании крови в область контакта клеточного и фиброзного компонентов твердой мозговой оболочки в результате повреждения вен мозга (см. «субдуральные кровоизлияния» в блоке клинической информации 4.1).

Подпаутинные цистерны

По обеим сторонам ствола мозга вдоль основания черепа расположены подпаутинные цистерны, заполненные спинномозговой жидкостью (рис. 4.6 и рис. 4.7). Самая крупная — **большая цистерна**, расположенная между мозжечком и продолговатым мозгом. Ростральнее большой цистерны и спереди от моста мозга находится **цистерна моста**. Пространство между ножками мозжечка занимает **межножковая цистерна**. **Охватывающая (обходящая) цистерна** расположена латеральнее среднего мозга. Полный список цистерн мозга представлен в таблице 4.1.

Оболочки зрительного нерва

Зрительный нерв образован белым веществом ЦНС и, подобно мозгу, окружен тремя мозговыми оболочками. Твердая оболочка зрительного нерва срастается со **склеральной оболочкой глаза**; субарахноидальное пространство представляет собой **слепую замкнутую полость**. Оболочки зрительного нерва окружают направляющиеся к сетчатке центральные сосуды сетчатки (рис. 4.8). Любое стойкое повышение внутричерепного давления распространяется на окружающее зрительный нерв субарахноидальное пространство, в результате чего происходит сдавление **центральной вены сетчатки**, приводящее к расширению венозной сети сетчатки и **отеку диска зрительного нерва** (рис. 4.9). Диск (сосок) зрительного нерва представляет собой образование, соответствующее началу зрительного нерва. Отек диска зрительного нерва можно диагностировать при офтальмоскопии.

ОБОЛОЧКИ СПИННОГО МОЗГА (РИС. 4.10)

Дуральный мешок спинного мозга по форме напоминает колбу, которая начинается от большого затылочного отверстия и заканчивается на уровне II крестцового позвонка. Внешняя поверхность дурального мешка по срединной линии примыкает к задней продольной связке позвоночного столба. За исключением этой области, дуральный мешок на всем протяжении окружен жировой тканью, в которой расположено **внутреннее позвоночное сплетение Батсона** (глава 14).

Внутренняя поверхность твердой оболочки спинного мозга выстлана паутинной оболочкой; мягкая спинномозговая оболочка окружает спинной мозг и присоединяется к твердой оболочке через равные промежутки при помощи зигзагообразных **зубчатых связок**.

В связи с тем, что спинной мозг оканчивается на уровне I или II поясничного позвонка, образуется крупная **поясничная цистерна**, в которой находятся свободные двигательные и чувствительные корешки нижних поясничных и крестцовых спин-

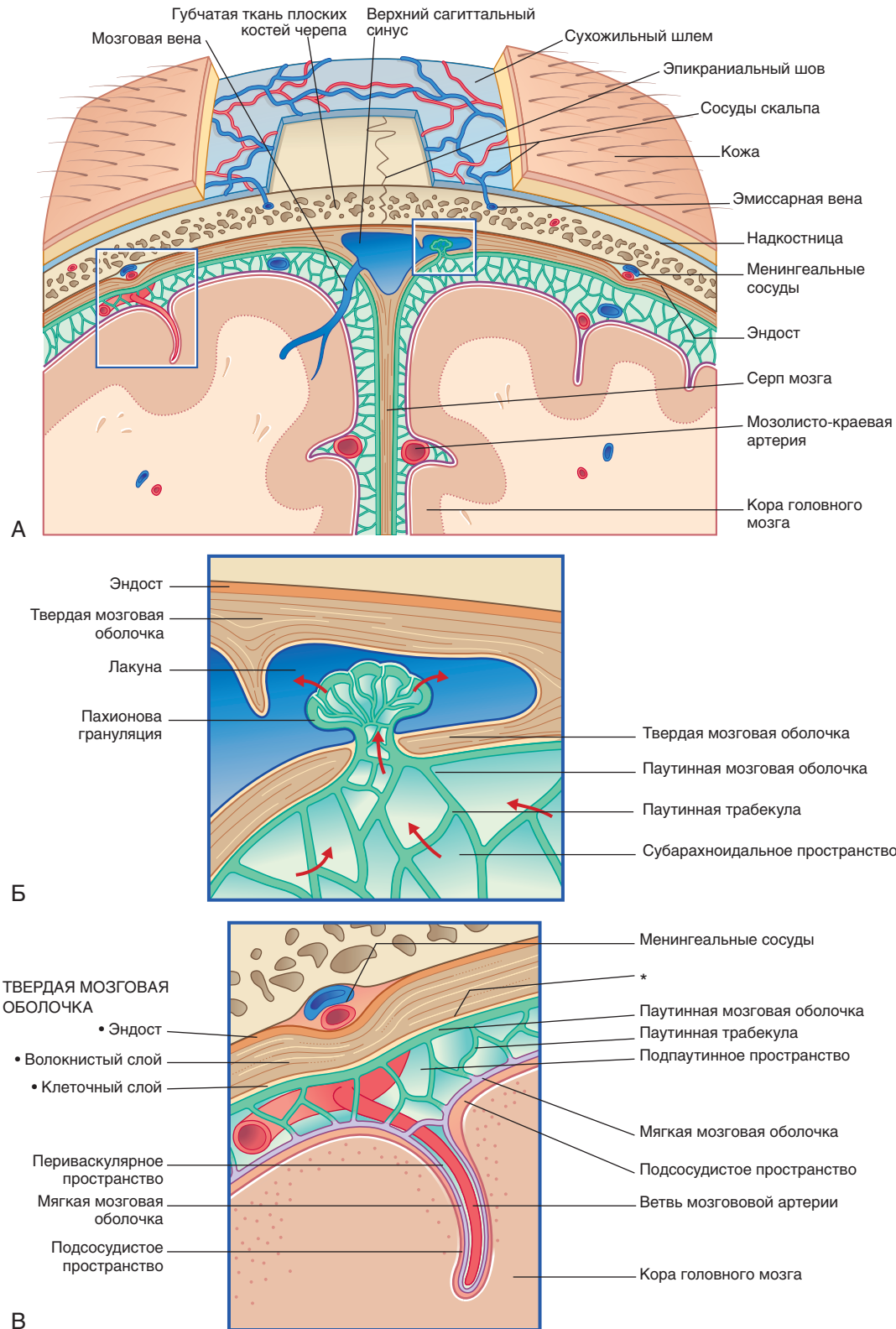


РИСУНОК 4.5 Коронарный срез верхнего сагиттального синуса и прилежащих структур. **(А)** Обзорное изображение. Большая часть скальпа удалена, чтобы показать две эмиссарные вены, переносящие кровь от губчатого вещества костей черепа к венам поверхности сухожильного шлема. В правой части изображения показано кровоснабжение губчатого вещества костей черепа менингеальными сосудами. Кроме того, изображена мозговая вена, впадающая в верхний сагиттальный синус. **(Б)** Увеличенный фрагмент изображения (А): показана пахионова грануляция, обеспечивающая транспорт спинномозговой жидкости из субарахноидального пространства в лакуны, сообщающиеся с верхним сагиттальным синусом. **(В)** Увеличенный фрагмент изображения (А): показана артерия, окруженная последовательно периваскулярным пространством, мягкой мозговой оболочкой и подсосудистым пространством. Звездочкой отмечено пространство между твердой и паутинной мозговыми оболочками, в котором локализуется субдуральное кровоизлияние в случае разрыва вены мозга. Обратите внимание, что менингеальные сосуды расположены эпидурально.

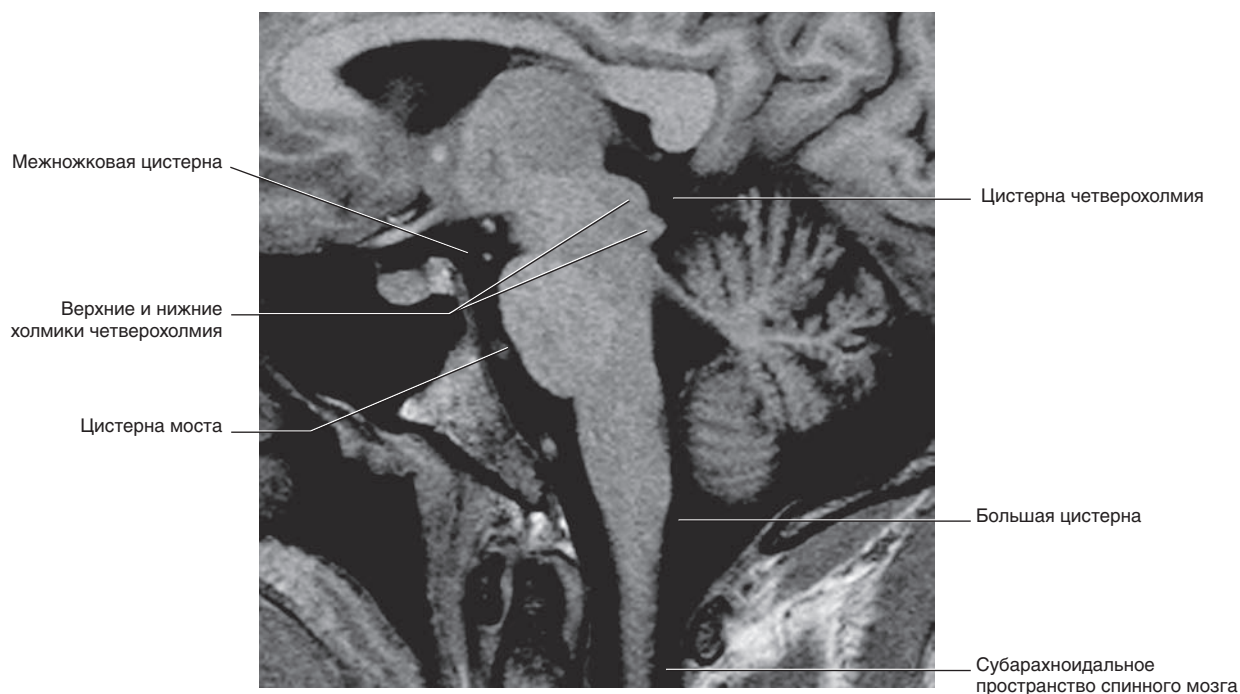


РИСУНОК 4.6 Подпаутинные цистерны (фрагмент рисунка 2.8).

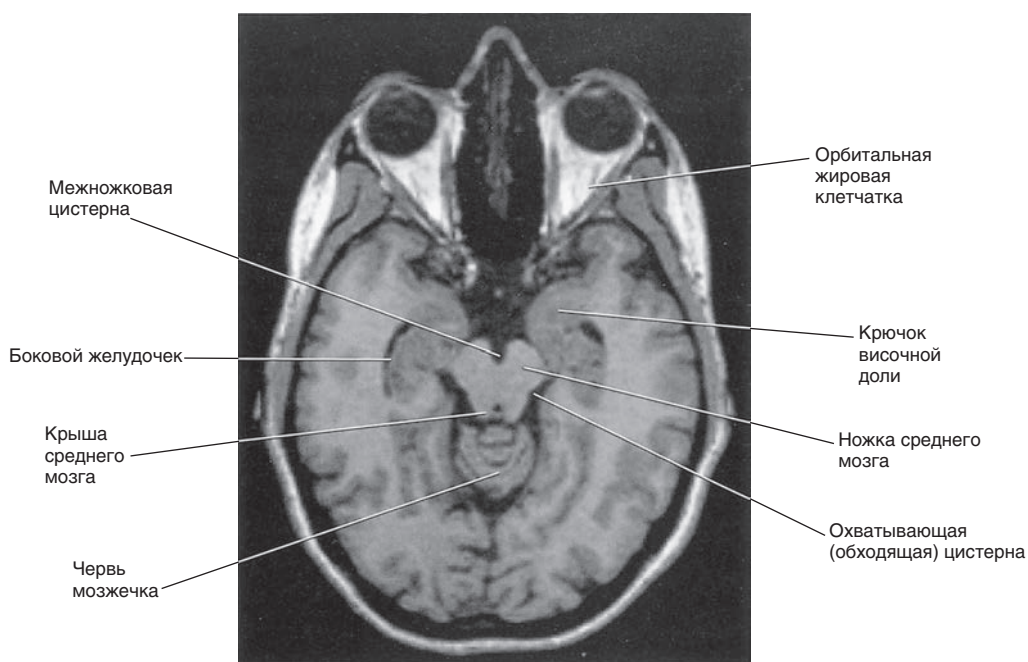


РИСУНОК 4.7 МРТ (горизонтальная проекция). (Из сборника фотографий, предоставленного профессором J. Paul Finn, руководителем отдела магнитно-резонансной томографии, отделение радиологии медицинского колледжа Дэвида Геффена при Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, США.)

Таблица 4.1 Подпаутинные цистерны

Подпаутинная цистерна	Локализация
Охватывающая (обходящая) цистерна	Латеральнее среднего мозга с обеих сторон
Хиазмальная цистерна	Сзади и снизу от зрительного перекреста
Цистерна боковой ямки	Вдоль латеральной борозды (силвиевой щели)
Большая цистерна	Между мозжечком и дорсальной поверхностью продолговатого мозга
Межнужковая цистерна	В межнужковой ямке
Латеральная мозжечково-мозговая цистерна	Вдоль боковых поверхностей продолговатого мозга с обеих сторон
Поясничная цистерна	Ниже спинного мозга в спинномозговом канале
Цистерна моста	Вентральнее варолиева моста
Цистерна четверохолмия	Окружает большую мозговую вену дорсальнее холмиков среднего мозга (четверохолмия)

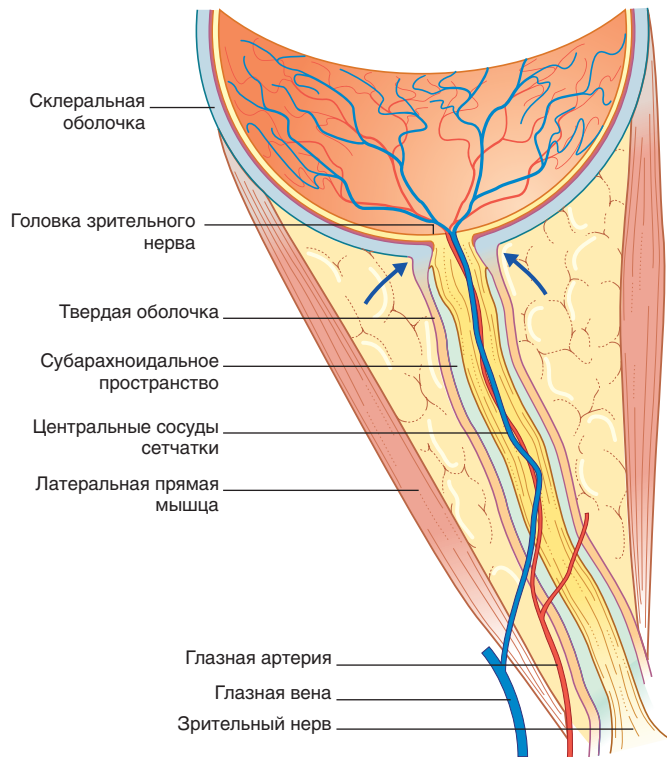


РИСУНОК 4.8 Левая орбита (горизонтальный срез). Субарахноидальное пространство распространено до уровня слияния твердой оболочки со склеральной оболочкой глазного яблока (указано стрелочками).

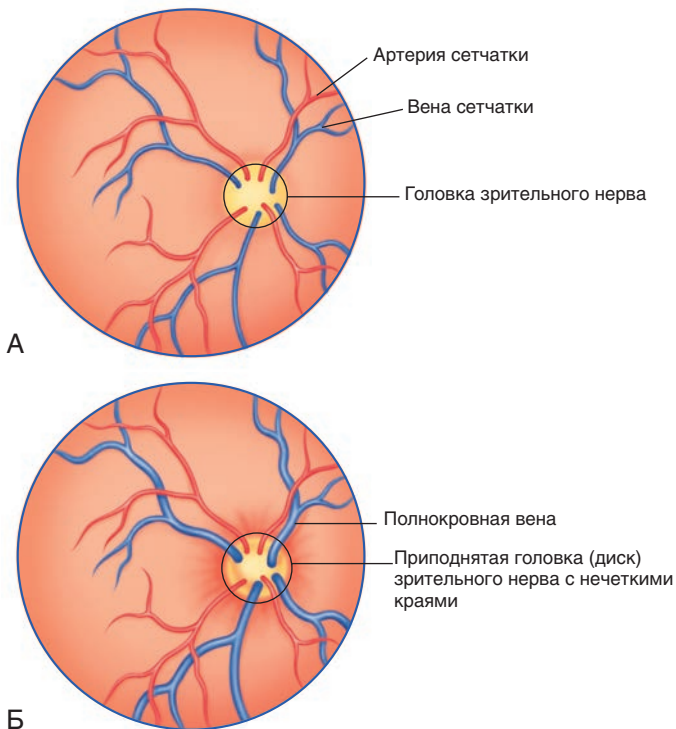


РИСУНОК 4.9 Глазное дно (офтальмоскопия). (А) Норма. (Б) Отек диска зрительного нерва в результате повышения внутричерепного давления.

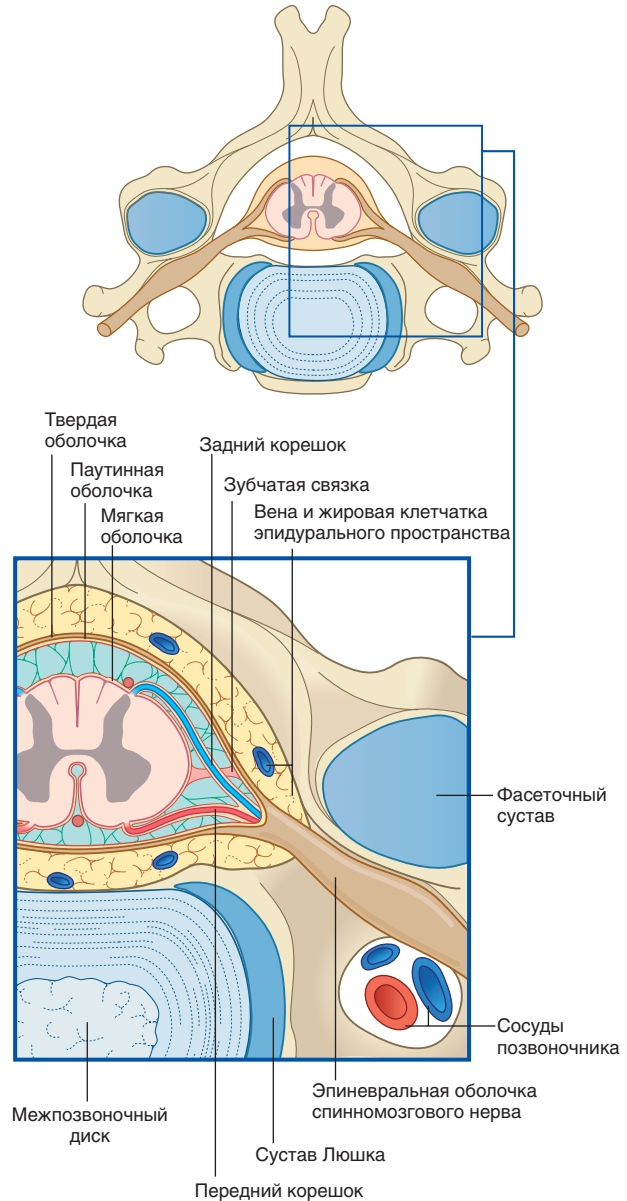


РИСУНОК 4.10 Структуры спинномозгового канала в шейном отделе. Твердая оболочка сливается с эпиневрием ствола спинномозгового нерва.

номозговых нервов. Эту область используют для проведения спинальной пункции и забора спинномозговой жидкости на анализ (рис. 4.11, блок клинической информации 4.2), а также для введения препаратов при спинальной анестезии (глава 14).

Твердую оболочку спинного мозга и выстилающую ее паутинную спинномозговую оболочку иногда называют **текальным мешком**.

ЦИРКУЛЯЦИЯ СПИННОМОЗГОВОЙ ЖИДКОСТИ (рис. 4.12)

Спинномозговую жидкость секретируют в желудочки мозга клетки **сосудистого сплетения**. Из латеральных желудочков спинномозговая жидкость оттекает в III желудочек через

БЛОК КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ 4.2 ПОЯСНИЧНАЯ ПУНКЦИЯ

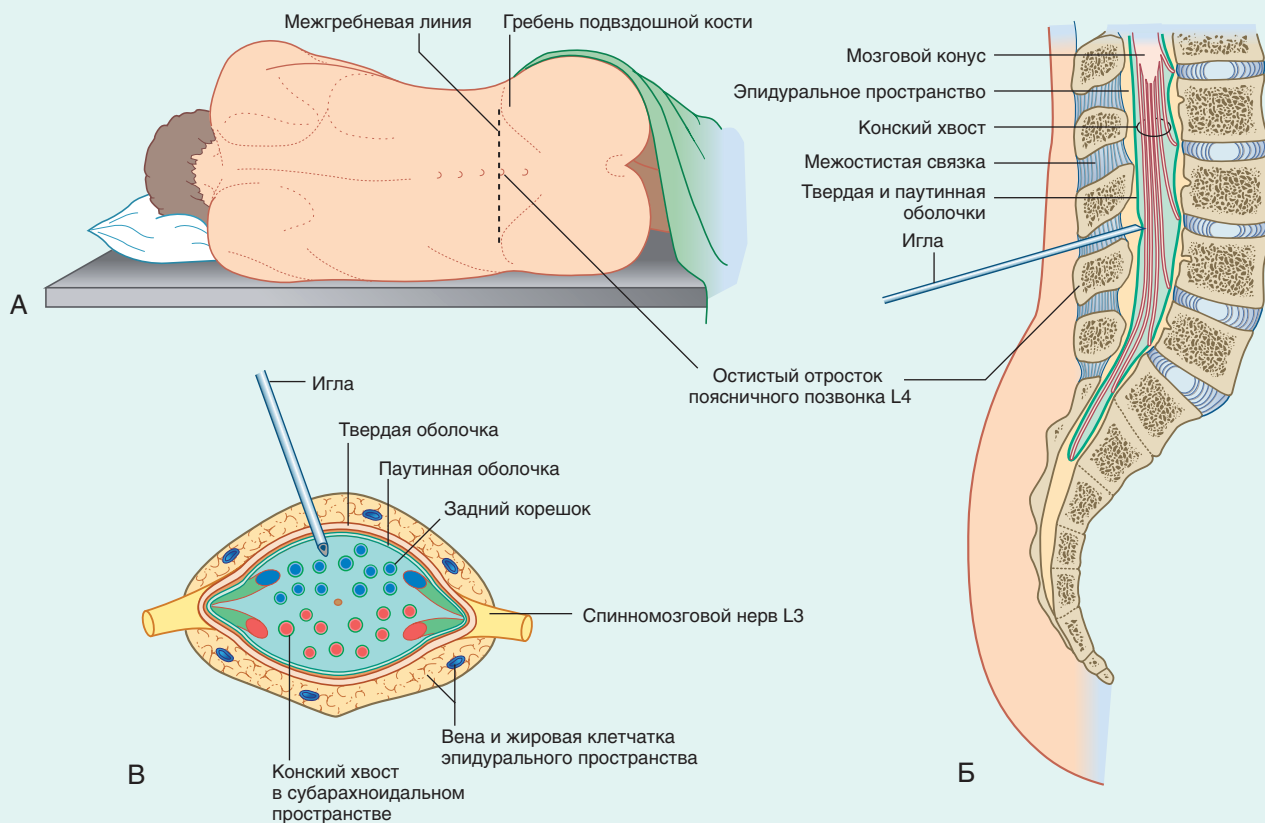


РИСУНОК 4.11 Поясничная пункция (спинномозговой прокол). **(А)** Пациент лежит на боку, поджав колени. Такое положение обеспечивает доступ к межпозвоночным пространствам поясничной области. Остистый отросток IV поясничного позвонка определяют в проекции линии, проведенной между верхушками гребней подвздошных костей. **(Б)** Иглу для поясничной пункции вводят в асептических условиях под наклоном над IV поясничным позвонком параллельно остистому отростку. Иглу продвигают вглубь через межостистые связки, и в том месте, где игла проходит твердую и паутинную оболочки и проникает в субарахноидальное пространство, возникает ощущение «провала». **(В)** Поперечный срез. Конский хвост, располагающийся в субарахноидальном пространстве. Передние и задние корешки спинномозгового нерва L3 соединяются, выходя из поясничной цистерны.

Рекомендованные источники информации

Wright BLC, Lai JTF, Sinclair AJ. Cerebrospinal fluid and lumbar puncture: a practical review. *J Neurol.* 2012;259:1530–1545.

ОСНОВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Оболочки мозга**

Выделяют твердую, паутинную и мягкую оболочки мозга. Субарахноидальное пространство заполнено спинномозговой жидкостью.

Твердая оболочка головного мозга представлена двумя крупными складками: серпом мозга и наметом мозжечка. Прилегающий участок серпа мозга окружает верхний сагиттальный синус, который, как правило, переходит в правый поперечный синус. Свободный край серпа мозга окружает нижний сагиттальный синус, который, соединяясь с большой мозговой веной Галена, образует прямой синус, открывающийся в сток верхнего сагиттального и поперечного синусов. Прилегающий край намета мозжечка окружает поперечный синус, который спускается вниз и переходит в сигмовидный синус, открывающийся в яремную вену. Свободный край намета мозжечка образует «подкову», прикрепляющуюся к переднему клиновидному отростку клиновидной кости; внутри этой «подковы» расположен средний мозг. Твердая мозговая оболочка переходит на область средней черепной ямки от концов этой «подковы» и формирует пещеристые синусы. Пещеристые синусы принимают кровь из вен глаза и переходят в сигмовидный синус через каменистые синусы. Иннервацию супратенториальной твердой мозговой оболочки осуществляет тройничный нерв, а иннервацию субтенториальной твердой мозговой оболочки — верхние грудные нервы. Менингеальные сосуды проходят над твердой мозговой оболочкой и кровоснабжают губчатое вещество плоских

костей черепа; при переломе черепа кровоизлияния из этих сосудов вызывают образование экстрадуральной гематомы, которая может привести к сдавлению мозга. Субдуральная гематома может возникнуть из-за просачивания крови при ее прохождении из вены мозга в верхний сагиттальный синус.

Спинномозговая жидкость

В области нижней поверхности мозга спинномозговая жидкость находится в большой цистерне мозга, цистерне моста, межжировой цистерне и охватывающей цистерне. Кроме того, спинномозговая жидкость распространяется вдоль оболочек зрительного нерва; повышение внутричерепного давления может вызвать сдавление центральной вены сетчатки, что приводит к отеку диска зрительного нерва. Дуральный мешок спинного мозга окружает спинной мозг и оканчивается на уровне II крестцового позвонка. Корешки спинномозговых нервов расположены в поясничной цистерне, в области которой проводят поясничную пункцию. Секретируемая сосудистым сплетением спинномозговая жидкость поступает в субарахноидальное пространство через три отверстия IV желудочка; некоторая ее часть проходит в поясничную цистерну. Минутная вырезка намета мозжечка и субарахноидальное пространство головного мозга, спинномозговая жидкость направляется вверх к верхнему сагиттальному синусу и его лакунам через пахионовы грануляции. Нарушение циркуляции спинномозговой жидкости может привести к гидроцефалии.

Столб мозга

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Общее расположение ядер черепных нервов

Общие сведения

Рекомендации по изучению материала

Обзор трех проводящих путей ствола мозга

C1-сегмент спинного мозга

Сочленение спинного мозга и продолговатого мозга

Средняя часть продолговатого мозга

Верхняя часть продолговатого мозга

Сочленение моста и продолговатого мозга

Средняя часть моста

Верхняя часть моста

Нижняя часть среднего мозга

Верхняя часть среднего мозга

Сочленение таламуса и среднего мозга

Расположение срезов ствола мозга на магнитно-резонансных изображениях

Заключение

НЕОБХОДИМО ИЗУЧИТЬ

1. В этой главе рассмотрены поперечные срезы ствола мозга, на которые идентифицированы важные анатомические образования. Для каждого из разделов приведены отдельные рекомендации по изучению материала.
2. Необходимо знать четыре перекреста ствола мозга, приведенные в блоке 3.1
3. Обратите внимание, что на магнитно-резонансных изображениях структуры ствола мозга ориентированы в обратную сторону (относительно традиционных анатомических рисунков).

ОБЩЕЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЯДЕР ЧЕРЕПНЫХ НЕРВОВ

В грудном отделе формирующегося спинного мозга с обеих сторон можно выделить четыре отдельных столба клеток серого вещества (рис. 17.1А, Б). В области базальной пластинки *общий соматический эфферентный (ОСЭ) столб* иннервирует поперечно-полосатую мускулатуру туловища и конечностей. *Общий висцеральный эфферентный (ОВЭ) столб* содержит преганглионарные нейроны вегетативной нервной системы. В области крыльной пластинки *общий висцеральный афферентный (ОВА) столб* получает афферентные нервные волокна от внутренних органов грудной и брюшной полостей. *Общий соматический афферентный (ОСА) столб* получает афферентные волокна от конечностей и стенок полостей тела.

В стволе мозга также можно обнаружить четыре этих столба, однако они представлены отдельными фрагментами, и не каждый столб вносит свой вклад в формирование всех черепных нервов. Здесь столбы имеют следующие связи.

- **ОСЭ столб.** Иннервирует поперечно-полосатые мышцы глазницы (посредством глазодвигательного, блокового, отводящего нервов) и языка (посредством подъязычного нерва).
- **ОВЭ столб.** Дает начало парасимпатической системе черепа, которая описана в главе 13. Волокна следуют к ресничному, ушному, крылонебному, поднижнечелюстному ганглиям головы и шеи, а также к блуждающим ганглиям шеи, грудной клетки и брюшной полости.
- **ОВА столб.** Получает нервные импульсы от области иннервации языкоглоточного и блуждающего нервов.

- **ОСА столб.** Получает нервные импульсы от кожи и слизистых желез, преимущественно от зоны иннервации тройничного нерва. Наибольшее значение имеют кожа и слизистые оболочки полости рта и лица, а также твердая мозговая оболочка.

Дополнительные столбы (рис. 17.1В, Г) иннервируют ткани жаберных дуг и внутреннее ухо.

- **Специальный висцеральный (бронхиальный) эфферентный (СВЭ) столб.** Иннервирует мимическую и жевательную мускулатуру, мышцы неба, глотки и гортани, которые происходят из жаберных дуг. Иннервацию обеспечивают ветви тройничного, лицевого, языкоглоточного, блуждающего и добавочного нервов. Эти поперечно-полосатые мышцы также выполняют висцеральные функции, связанные с употреблением пищи и дыханием (отсюда название — висцеральный столб).
- **Специальный висцеральный афферентный (СВА) столб.** Получает информацию от вкусовых луковиц, расположенных в энтодермальной выстилке жаберных дуг.
- **Специальный соматический афферентный (ССА) столб.** Получает нервные импульсы от вестибулярного (равновесие) и улиткового (слух) органов внутреннего уха.

На рис. 17.2 отображено расположение различных ядер на дорсальном срезе ствола мозга.

В этой главе описания внутреннего строения ствола мозга будут сопровождать девять поперечных срезов. В соответствии с предоставляемой информацией на рисунках были выделены нервные связи (прямые и опосредованные) с *правым* полушарием головного мозга.

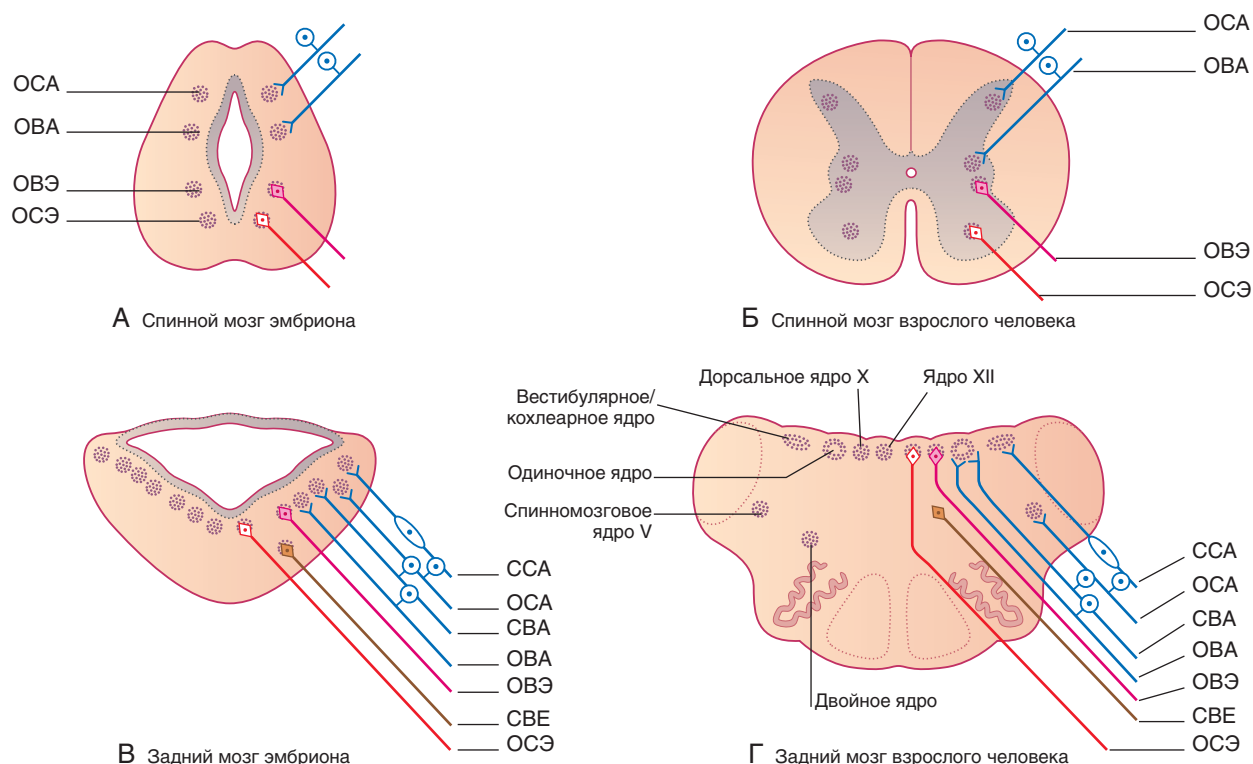


РИСУНОК 17.1 Клеточные столбы спинного мозга и ствола мозга. **(А)** Спинной мозг эмбриона. **(Б)** Спинной мозг взрослого человека. **(В)** Задний мозг эмбриона. **(Г)** Задний мозг взрослого человека. *Афферентные клеточные столбы:* OCA—общий соматический афферентный; OBA—общий висцеральный афферентный; CCA—специальный соматический афферентный; CBA—специальный висцеральный афферентный. *Эфферентные клеточные столбы:* ОСЭ—общий соматический эфферентный; OBЭ—общий висцеральный эфферентный; CBE—специальный висцеральный эфферентный.

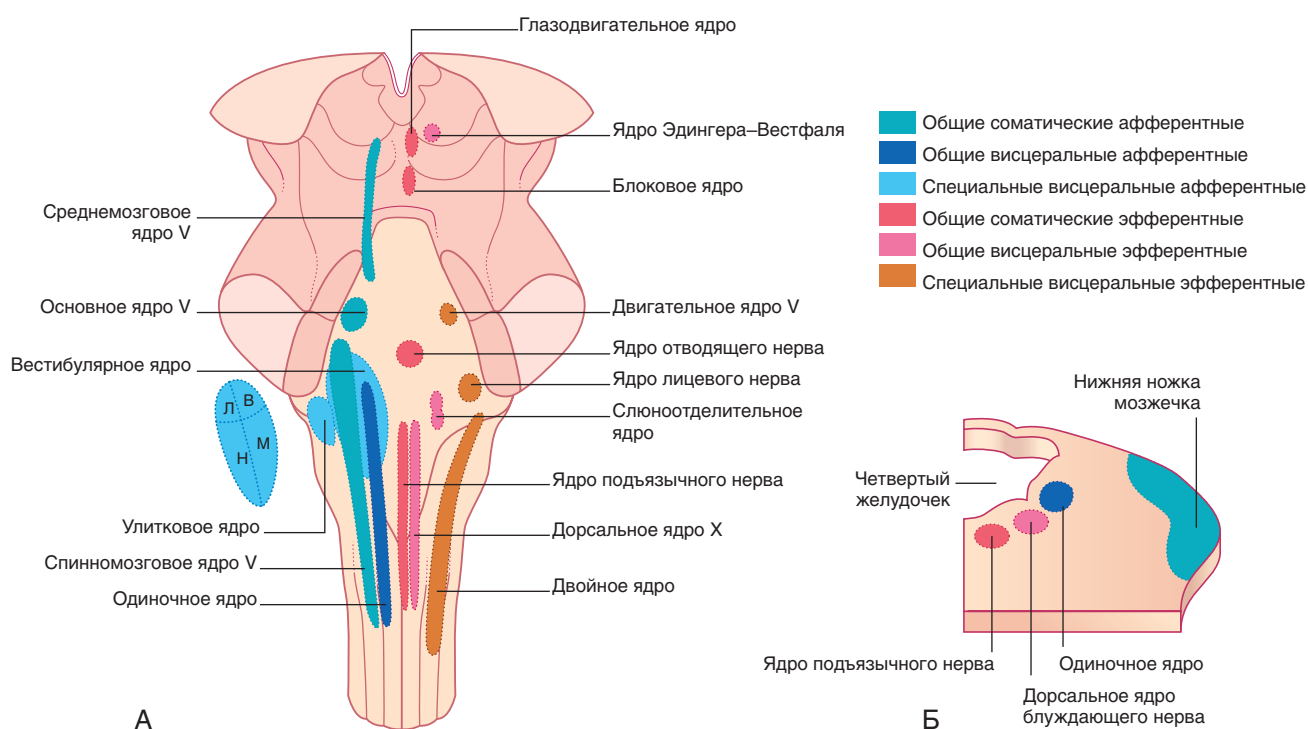


РИСУНОК 17.2 Ствол мозга взрослого человека, вид сзади. Показано положение клеточных столбов черепных нервов. Л, В, Н, М—латеральное, верхнее, нижнее, медиальное вестибулярные ядра соответственно (для улучшения информативности рисунка вестибулярные ядра вынесены отдельно).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Как отмечено ранее, экстероцептивные и осознанные проприоцептивные ощущения передаются (соответственно по переднебоковому и дорсальному столбам — лемнискowym путям) от левой половины туловища и левых конечностей к правому полушарию. Также ранее отмечено, что корково-спинномозговые волокна пирамидного тракта, начинающиеся от двигательной коры, иннервируют нейроны переднего рога противоположной половины спинного мозга; небольшая часть этих волокон, не совершая перекрест, идет к своей стороне. Волокна, начинающиеся от теменной доли, следуют к заднему рогу серого вещества противоположной стороны.

Схожие принципы строения применимы и к стволу мозга. Нисходящие двигательные волокна, заканчивающиеся в стволе, называют *корково-бульбарными*. Как показано на рис. 17.3, двигательные ядра, получающие корково-бульбарные волокна от обеих сторон, представлены двигательными ядрами V черепного нерва, двигательными ядрами VII черепного нерва (иннервируют мышцы верхней половины лица) и двойным ядром (IX и X черепные нервы). Обратите внимание, что двигательное ядро VII черепного нерва, отвечающее за иннервацию мышц нижней половины лица, получает корково-бульбарные волокна только от противоположной стороны. Большая часть корково-бульбарных волокон, идущих к двигательному ядру подъязычного нерва, также совершает перекрест. К соматическим чувствительным ядрам корково-бульбарные волокна идут исключительно от противоположной стороны.

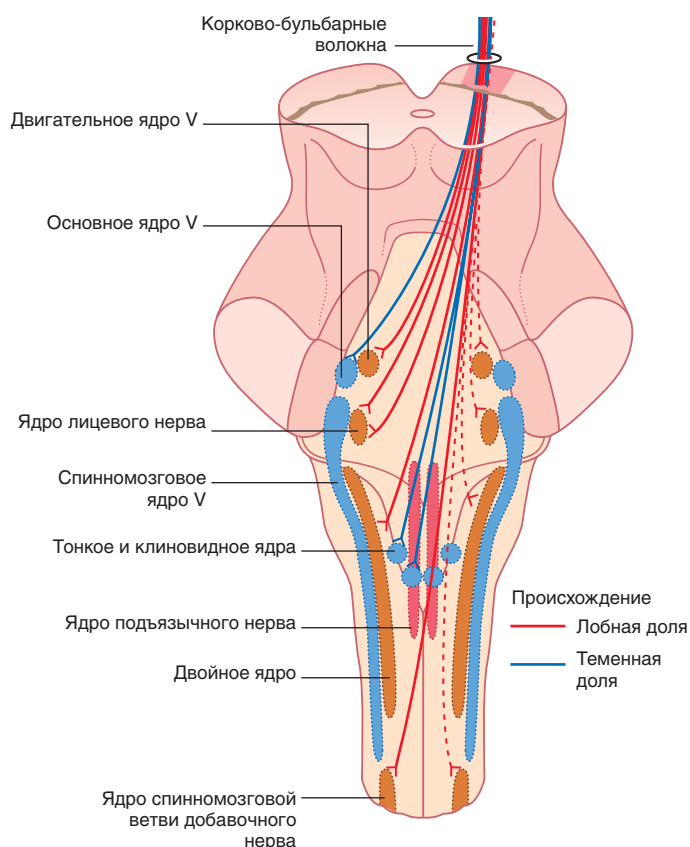


РИСУНОК 17.3 Ствол мозга, вид сзади. Показан ход корково-бульбарных волокон, идущих от коры правого полушария.

На этом рисунке отсутствуют три пары ядер глазодвигательных нервов, поскольку они не получают прямых корково-бульбарных волокон. Вместо этого они образуют синапсы с расположенными рядом группами нейронов (преимущественно противоположной стороны), которые называют *центрами взора*. Они необходимы для обеспечения содружественных (совместных параллельных) движений глаз.

Для базового понимания нейронных взаимодействий в стволе мозга важно также оценить связь полушарий с нижним оливным ядром и мозжечком (рис. 17.4).

Общее строение **ретикулярной формации** (рис. 17.5) приведено по одному из рисунков главы 24, с содержанием которой можно ознакомиться в дальнейшем.

На рис. 17.6 отображены основные компоненты медиального продольного пучка (МПП). Он идет на протяжении всего ствола мозга, при этом на разных уровнях состав его волокон неодинаков. С этим рисунком полезно сверяться во время изучения различных срезов ствола мозга, которые будут приведены после описания C1-сегмента спинного мозга.

Рекомендации по изучению материала

Метод подачи материала в этой главе несколько отличается от традиционного, в котором расположенные по номерам схемы или фотографии представлены без каких-либо пометок. Данная глава имеет следующие особенности.

1. Различные пути и ядра выделены и помечены с той стороны, которая преимущественно связана с правым полушарием.
2. Ядра и пути отмечены разными цветами (например, красным цветом отмечены двигательные ядра и пути, синим —

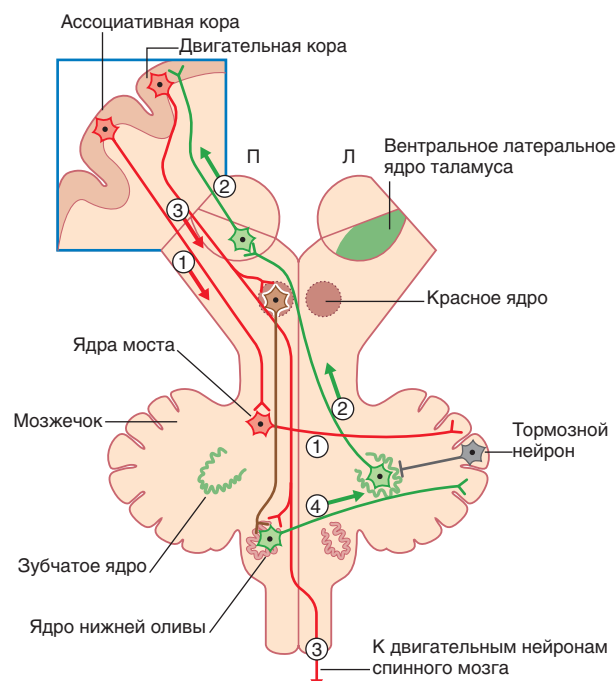


РИСУНОК 17.4 Четыре главных двигательных перекреста ствола мозга, вид спереди. Пути пронумерованы в соответствии с их последовательным возбуждением при выполнении произвольных движений: (1) корково-мостомозжечковый; (2) зубчато-таламо-корковый; (3) корково-спинномозговой; (4) оливомозжечковый. Также показаны красная и оливково-оливковые связи. П — правая сторона; Л — левая сторона.

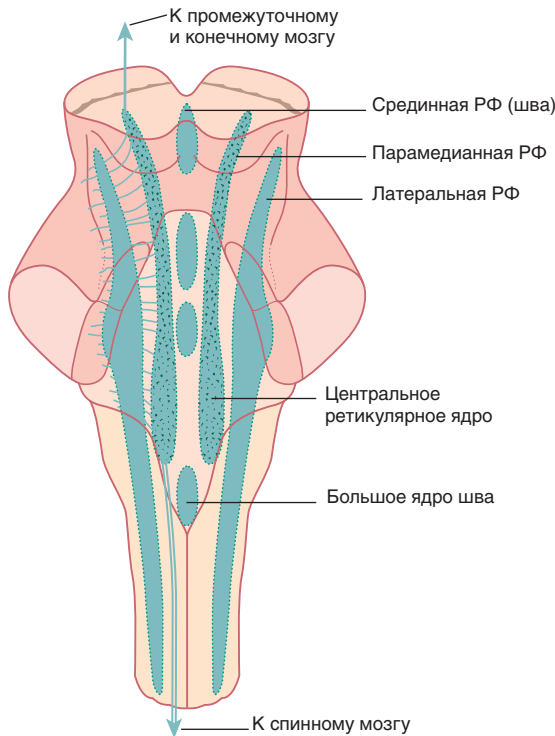


РИСУНОК 17.5 Строение ретикулярной формации. РФ — ретикулярная формация.

чувствительные, зеленым — связи с мозжечком и ретикулярной формацией).

- Пометки в сочетании с выделением цветом позволяют изучать отдельные проводящие системы по мере их хода снизу вверх, в «многооконом» режиме. Благодаря наличию описаний различных срезов ствола мозга ход афферентных путей можно изучать по мере их прохождения от нижних уровней до уровня таламуса (сверяясь с рис. 17.10), а ход эфферентных путей — по направлению сверху вниз (сверяясь с рис. 17.19). Следует отметить, что после освоения «вертикальной» организации следует изучить и «горизонтальную», т.е. запомнить расположение тех или иных структур на каждом из срезов. С клинической точки зрения это важно из-за того, что окклюзия небольшой артерии, кровоснабжающей ствол мозга, может привести к повреждению участка вещества мозга, на котором располагается несколько различных ядер или путей.

Для удобства ориентировки в расположении структур слева направо рядом с каждым из срезов приведена миниатюрная копия изображений с рис. 17.7.

Замечание: читателей, не знакомых с внутренней организацией ствола мозга, может смутить объем новой информации, с которым им придется столкнуться при изучении срезов. Однако мы хотим заверить читателя в том, что со *всей* информацией из данной главы он еще столкнется при изучении следующих глав. Рационально сначала просмотреть все срезы, а затем возвращаться к отдельным из них по мере изучения материала книги.

Обзор трех проводящих путей ствола мозга

На рисунке 17.8 представлены *переднебоковой путь* и *заднестолбовой медиальный лемнисковый путь*, которые были описаны в главе 15. Вспомним, что в первом из них проходят волокна *неоспиноталамического пути* (болевая и температурная чувстви-

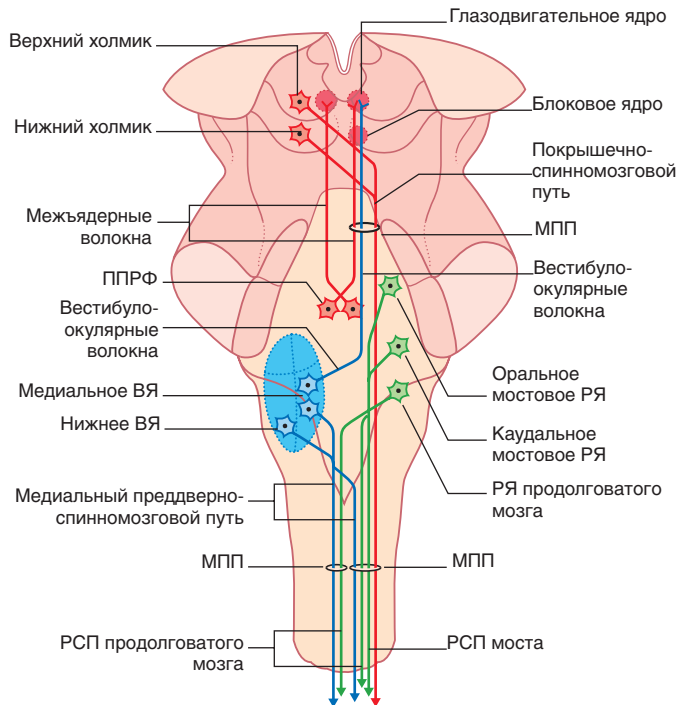


РИСУНОК 17.6 Основные волокна медиального продольного пучка (МПП). ППРФ — парамедианная ретикулярная формация; РЯ — ретикулярное ядро; РСР — ретикуло-спинномозговой путь; ВЯ — вестибулярное ядро.

тельность) и *ретикуло-спинномозгового пути* (тупая, ноющая боль). Этот путь оканчивается на ретикулярных ядрах ствола мозга, которые образуют *центральный покрышный путь*, идущий к интраламинарным ядрам таламуса. Третий компонент переднебоковой системы — *спинопокрышный путь*, волокна которого оканчиваются на нейронах среднего мозга (на уровне верхних холмиков четверохолмия); данный путь отвечает за координацию движений головы и глаз.

Корково-спинномозговой путь, описанный в главе 16, показан на рис. 17.9. Также там отображены корково-бульбарные проекции к лицевому и подъязычному ядрам.

С1-СЕМЕНТ СПИННОГО МОЗГА (рис. 17.10)

Синий

Тонкий и клиновидный пучки образуют задний столб спинного мозга с каждой стороны. Аксоны этого пути служат ипсилатеральными центральными отростками ганглионарных нейронов заднего корешка. Периферические отростки этих нейронов получают информацию от крупных тактильных нервных окончаний кожи (в том числе от телец Мейсснера и Пачини), а также от нервно-мышечных веретен и сухожильных органов Гольджи. Тонкий и клиновидный пучки заканчиваются на тонком и клиновидном ядрах соответственно (рис. 17.12).

В отличие от заднего столба, в переднебоковом пути проходят *перекрещивающиеся* волокна. Как показано на рис. 15.10, перед тем, как пройти вверх до таламуса, отростки нейронов второго порядка всех сегментов переходят на противоположную сторону, образуя переднюю белую спайку.

Заднелатеральный путь Лиссауэра содержит тонкие чувствительные волокна первого порядка, которые образуют

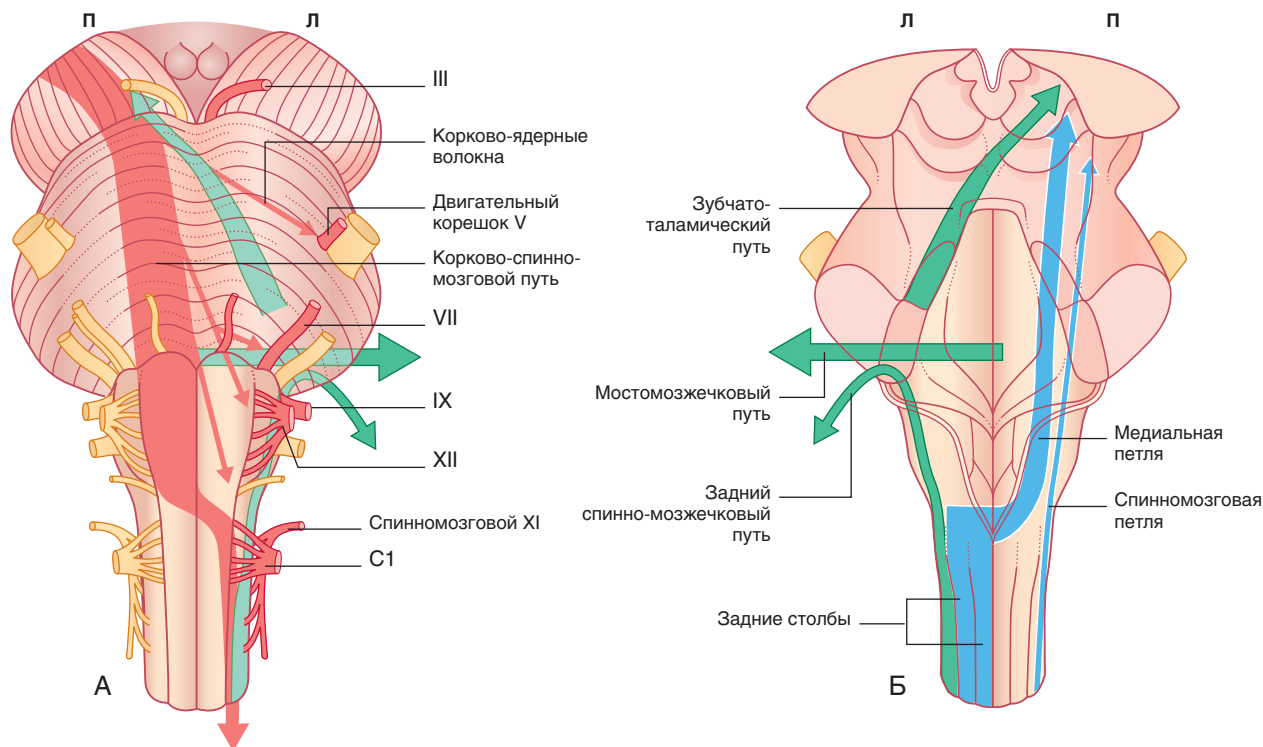


РИСУНОК 17.7 (А) Вентральный и (Б) дорсальный вид ствола мозга, отображены основные проводящие пути. R — правая сторона; L — левая сторона.

синапсы с нейронами серого вещества заднего рога, перед этим пересекая несколько сегментов спинного мозга.

Спинномозговой (нисходящий) путь тройничного нерва образован ноцицептивными и термочувствительными нейронами первого порядка, которые образуют синапсы с нейронами заднего рога сегментов C2 и C3.

Красный

Крупный красный фрагмент с левой стороны спинного мозга представляет *боковой корково-спинномозговой путь* (перекрещенный). *Вентральный корково-спинномозговой путь* остается на своей стороне.

Передние мотонейроны, проецирующиеся от серого вещества переднего рога, формируют передний корешок спинномозгового нерва C1 и самый верхний корешок спинномозговой ветви добавочного нерва.

Латеральный вестибулоспинальный путь (неперекрещенный) идет вниз в составе переднего канатика и далее иннервирует проксимальные постуральные мышцы. *Медиальный вестибулоспинальный путь* (частично переходит на другую сторону) начинается от МПП; он активирует рефлексы, отвечающие за изменение положения головы.

Латеральное переднего рога идут вегетативные проекции гипоталамуса, которые активируют крестцовые парасимпатические нейроны, вызывая сокращение мочевого пузыря и прямой кишки.

Зеленый

Задний спинномозжечковый путь (от заднего грудного ядра) отвечает за быстрое проведение бессознательной проприоцептив-

ной информации от туловища и конечностей (в первую очередь от рецепторов мышечного натяжения) одноименной половины тела.

Ретикуло-спинномозговой путь моста нисходит к мотонейронам своей стороны, которые иннервируют мышцы, отвечающие за поддержание позы. *Ретикуло-спинномозговой путь продолговатого мозга* иннервирует мотонейроны мышц-сгибателей.

СПИНОМЕДУЛЛЯРНОЕ СОЧЛЕНЕНИЕ (рис. 17.11)

Синий

Тонкий и клиновидный пучки все еще занимают задний столб белого вещества, вблизи находятся спинномозговой путь и ядро тройничного нерва. Положение спинномозговой петли также не изменено.

Красный

Самая важная структура на этой схеме — *перекрест пирамид*. Обратите внимание на правую пирамиду: 80 % ее волокон переходит на противоположную сторону и пересекается с волокнами другой стороны, образуя *левый боковой корково-спинномозговой путь*; 10 % волокон вступают в *ипсилатеральный вентральный корково-спинномозговой путь*, который совершит перекрест ниже; 10 % остаются на своей стороне вместе с волокнами правого бокового корково-спинномозгового пути.

В пределах латеральной покрывки расположен *латеральный преддверно-спинномозговой путь*. Красные точки на медиальном продольном пучке представляют *медиальный преддверно-спинномозговой путь*, который идет вниз в составе этого пучка.

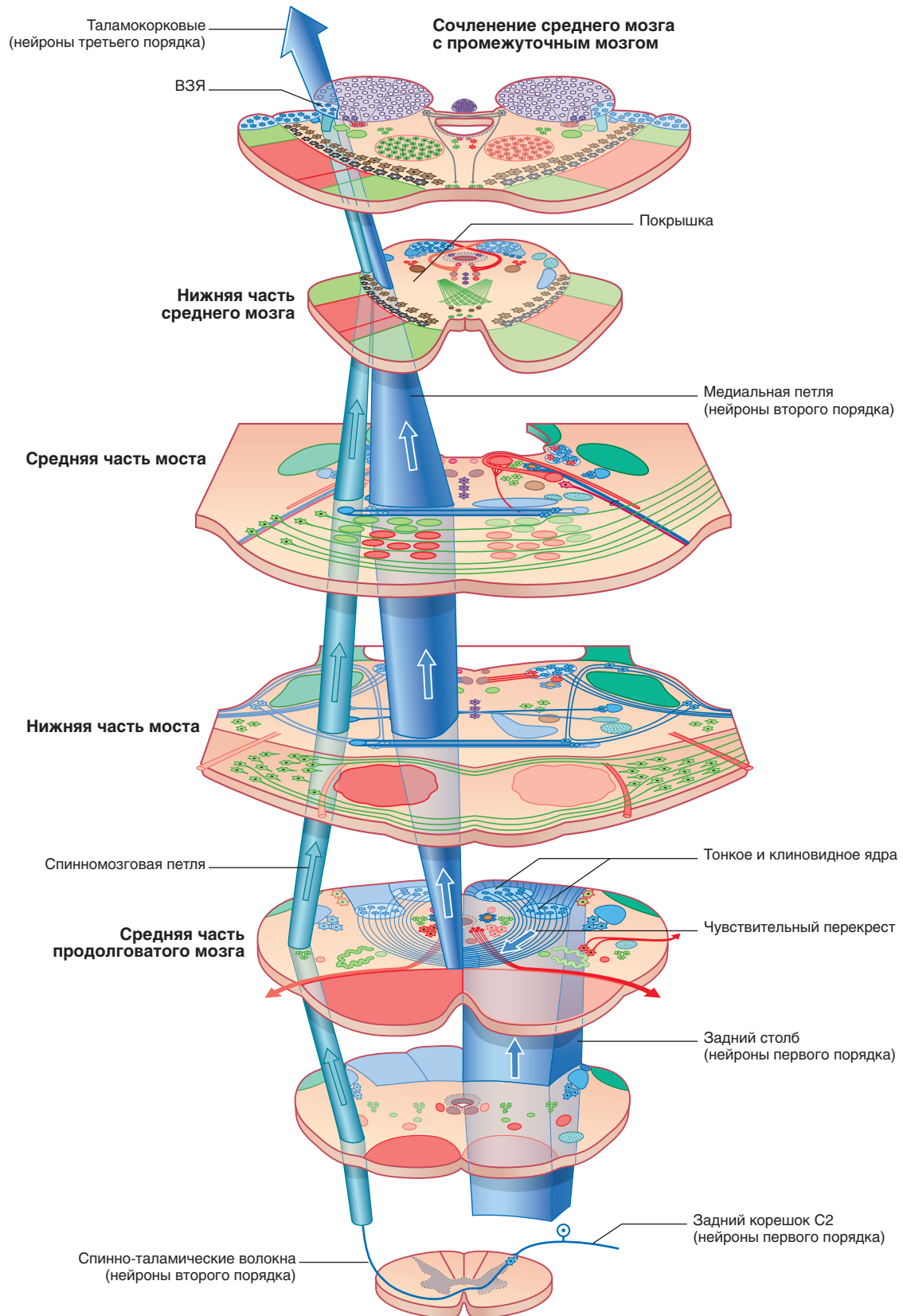
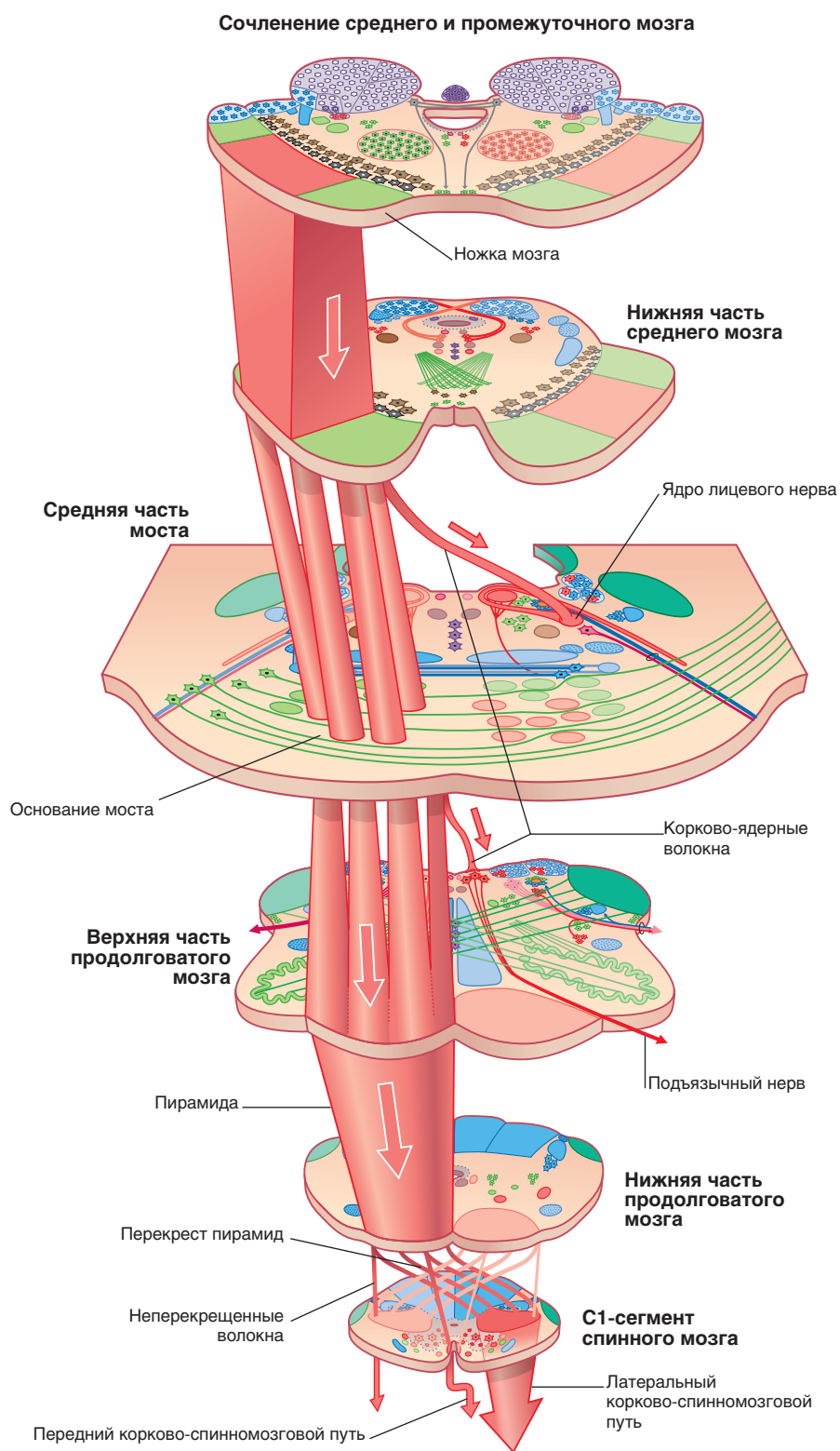


РИСУНОК 17.8 Заднестолбовой медиальный лемнисковый путь и переднебоковой путь. ВЗЯ—вентральное заднее ядро таламуса.



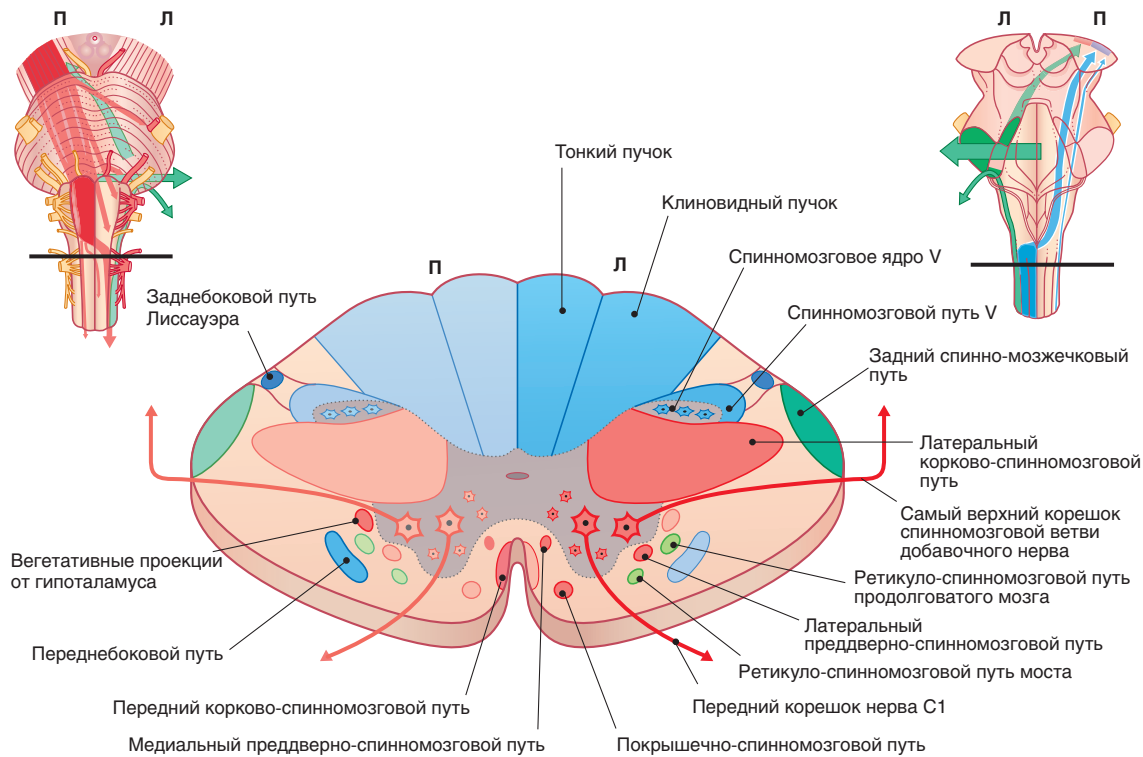


РИСУНОК 17.10 С1-сегмент спинного мозга. П — правая сторона; Л — левая сторона.

Зеленый

Дорсальный спинно-мозжечковый путь приближается к месту его выхода у нижней ножки мозжечка. В покрывке располагаются парамедианная и латеральная части ретикулярной формации.

СРЕДНЯЯ ЧАСТЬ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА (рис. 17.12)

Синий

Перед поворотом в вентральном направлении, левый задний столб спинного мозга поднимается до средней части продолговатого мозга. Волокна тонкого пучка образуют синапсы с нейронами тонкого ядра, волокна клиновидного пучка — с нейронами клиновидного ядра. От нейронов второго порядка начинаются внутренние дугообразные волокна, переходящие на противоположную сторону на уровне большого чувствительного перекреста, и идущие вверх (к таламусу) в качестве медиальной петли.

В состав переднебоковой системы (ПБС) входят неоспинно-таламический, спинно-ретикулярный и спинно-покрышечный пути.

Преддверно-спинномозговой путь спускается вниз от вестибулярных ядер к спинному мозгу.

Красный

В пирамидах проходят волокна корково-спинномозгового пути до уровня перекреста пирамид; у латерального края отходит подъязычный нерв. Латеральнее ядра XII черепного нерва расположено дорсальное ядро блуждающего нерва. «Черепной» добавочный нерв отходит от двойного ядра; ниже яремного отверстия он присоединится к волокнам блуждающего нерва. Дорсальный продольный пучок (ДПП) содержит вегетативные волокна, нисходящие от гипоталамуса к спинному мозгу.

Зеленый

Показаны проекции от нижнего и дополнительного оливных ядер к коре мозжечка противоположной стороны.

Вновь видны парамедианная и латеральная ретикулярная формация, а также нижняя ножка мозжечка.

ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА (рис. 17.13)

Синий

Посередине видны волокна медиальной петли, которые продолжают восходить к таламусу. Латеральнее расположены спинномозговая петля, спинномозговой путь и спинномозговое ядро тройничного нерва (П.т.н. рис. 17.15), а также медиальное и латеральное ядра преддверного (вестибулярного) нерва. Чувствительные волокна языкоглоточного нерва образуют синапсы с нейронами спинномозгового ядра тройничного нерва и ядром одиночного пути.

Красный

Пирамиды остаются на том же месте. С анатомически правой стороны блуждающий нерв выходит кпереди от нижней ножки мозжечка. Слева двигательные волокна языкоглоточного нерва отходят от нижнего слюноотделительного ядра и двойного ядра.

Зеленый

От основного и дополнительного ядер оливы отходят волокна к противоположной нижней ножке мозжечка. Дорсальнее располагаются хеморецепторное поле (нейроны которого чувствительны к содержанию HCO_3 спинномозговой жидкости), латеральное ретикулярное ядро, ретикуло-спинномозговой путь моста и парамедианная ретикулярная формация.

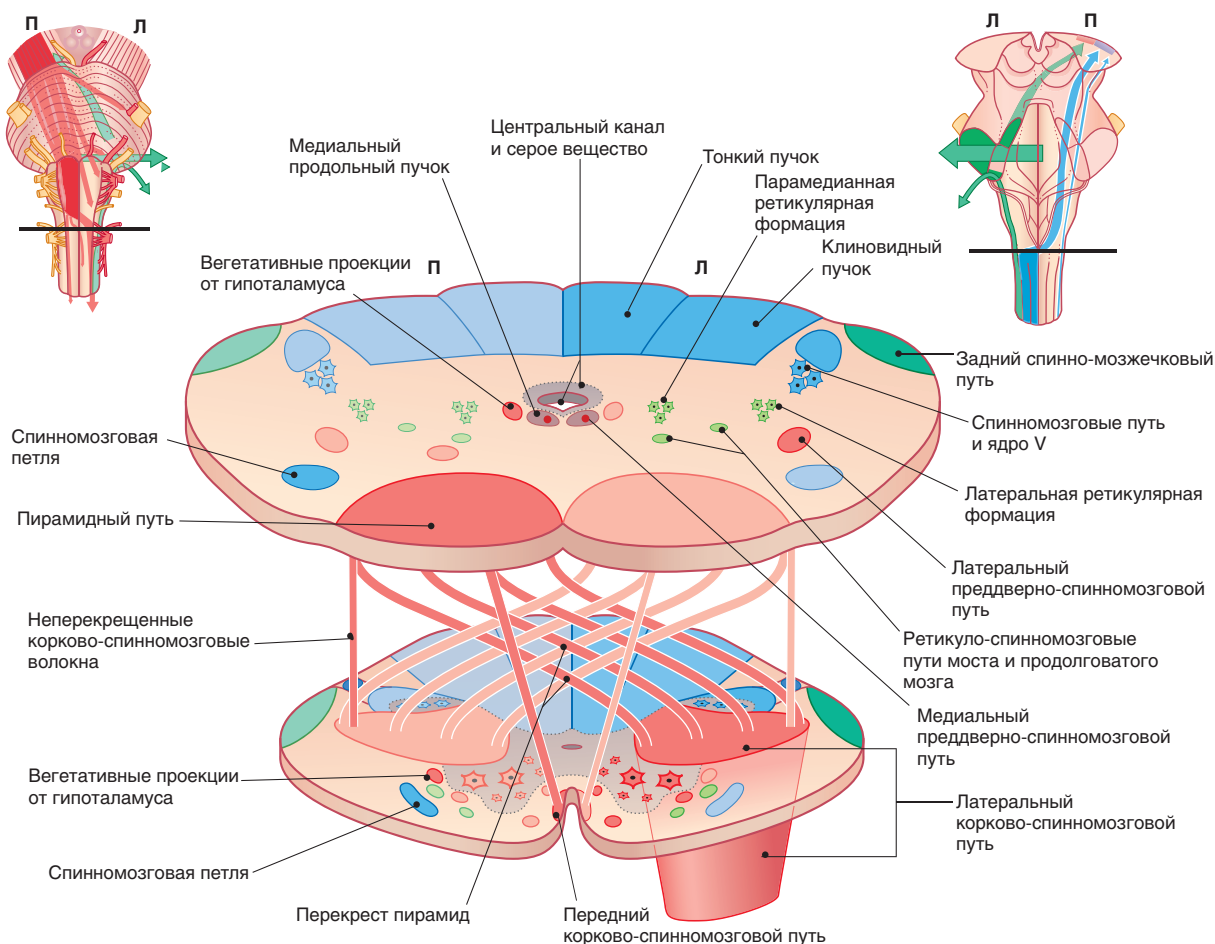


РИСУНОК 17.11 Сочленение спинного мозга и продолговатого мозга. П — правая сторона; Л — левая сторона.

В срединной части располагаются *большое ядро шва, медиальный и дорсальный продольные пучки*.

В ДПП проходят вегетативные нервные волокна, спускающиеся к спинному мозгу.

СОЧЛЕНЕНИЕ МОСТА И ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА (рис. 17.14)

Синий

Среди структур, которые ранее уже были описаны, изображены медиальная и спинномозговая петли, спинномозговой путь и спинномозговое ядро тройничного нерва. Впервые появляются *латеральная петля и тройничная петля*. В Главе 20 будет отмечено, что латеральная петля представляет собой пучок слуховых волокон, восходящий к нижнему холмику четверохолмия. Эти волокна совершают перекрест на уровне *трапецевидных тел* ядра верхней оливы. К этому ядру слуховая информация поступает от *дорсального и вентрального улиткового ядер*, на которых заканчиваются улитковые нервы.

Красный

Показаны рефлекторные пути регуляции баланса: *медиальный и латеральный преддверно-спинномозговые пути* (ВСП на рисунке). Медиальный путь спускается к продолговатому мозгу в пределах МПП.

Также видны *корково-спинномозговой путь*, выходящие *лицевой и отводящий нервы*.

Зеленый

Сверху расположены *верхние ножки мозжечка*, которые (см. главу 25) идут от зубчатого ядра мозжечка к таламусу противоположной стороны. Ниже расположены *нижние ножки мозжечка*. Ближе к центру находятся *ретикуло-спинномозговой путь моста и парамедианная ретикулярная формация*.

СРЕДНЯЯ ЧАСТЬ МОСТА (рис. 17.15)

Синий

Медиальная, латеральная и тройничные петли продолжают следовать к таламусу. Достигнут верхний край *вестибулярного, тройничного и одиночного ядер*, а также *трапецевидного тела*.

Промежуточный нерв содержит вкусовые волокна, иннервирующие вкусовые луковицы языка и неба. Они оканчиваются в центре одиночного ядра.

Красный

Лицевой нерв имеет J-образную форму подобно согнутому колену. Перед тем, как пройти через покрывку, он огибает *отводящий нерв* и соединяется с *промежуточным нервом*. Этот нерв

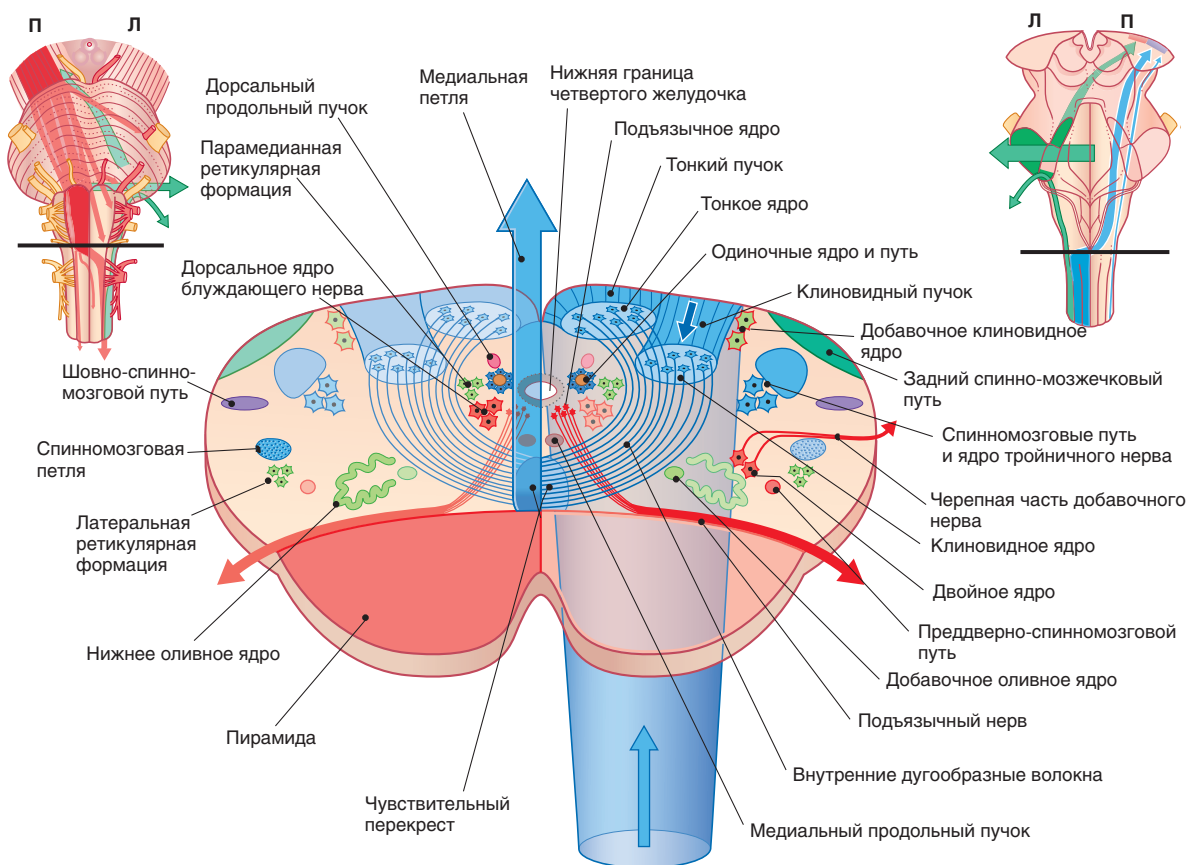


РИСУНОК 17.12 Средняя часть продолговатого мозга. П—правая сторона; Л—левая сторона.

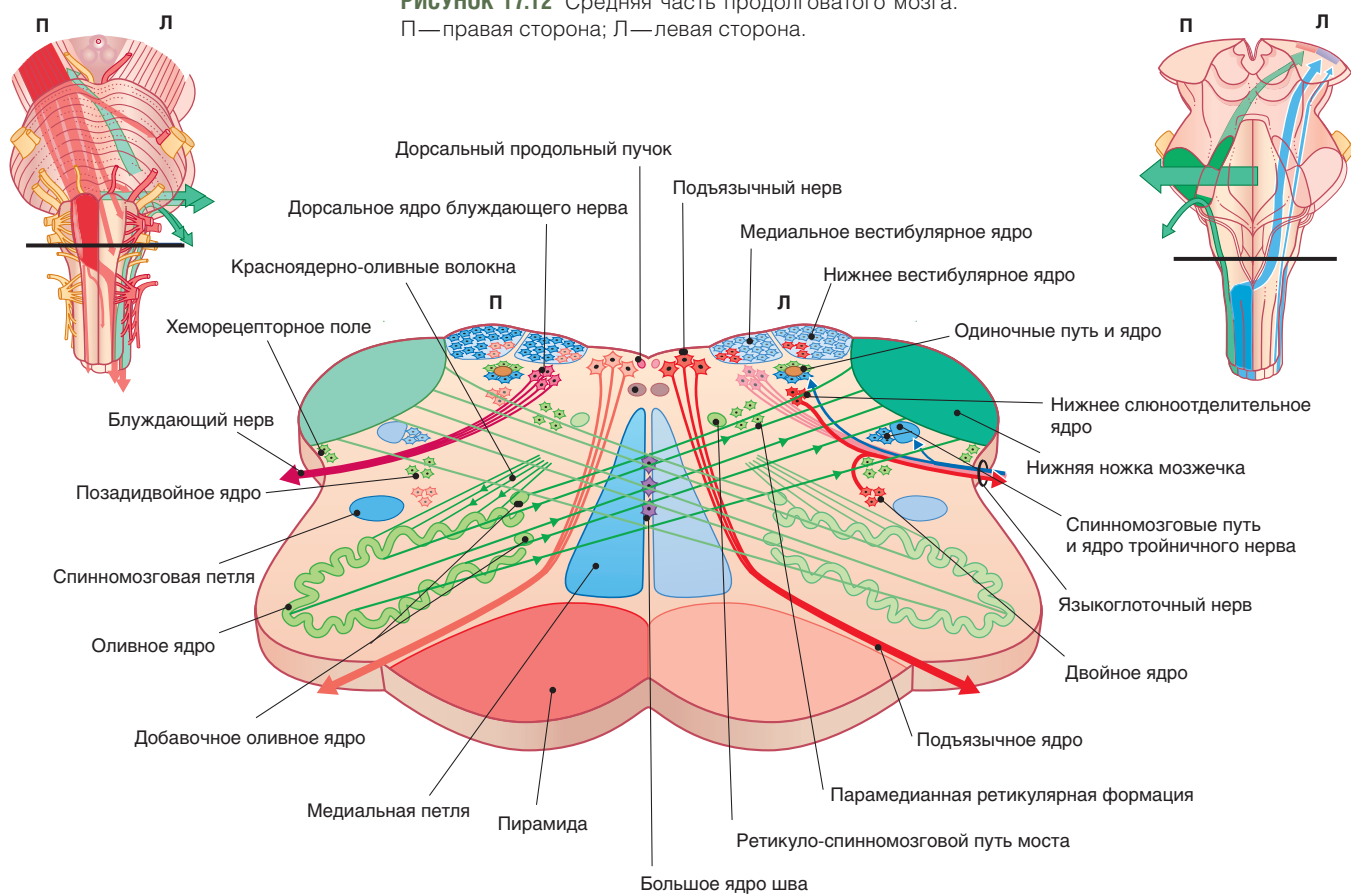


РИСУНОК 17.13 Верхняя часть продолговатого мозга. П—правая сторона; Л—левая сторона.

Ретикулярная формация

СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Структура

Аминергические нейроны ствола мозга

Функциональная анатомия

Генераторы программ движений

Контроль дыхания

Контроль сердечно-сосудистой системы

Сон и бодрствование

Сенсорная модуляция: воротный контроль

БЛОКИ

Генераторы программ движений

Высшие центры контроля мочеиспускания

БЛОК КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

НЕОБХОДИМО ИЗУЧИТЬ

1. Опишите отделы ретикулярной формации, расположение и типы аминергических нейронов ствола мозга.
2. Опишите функциональную анатомию (функции) ретикулярной формации.
3. Объясните смену состояний сна и бодрствования, а также фаз быстрого и медленного сна по «переключательному» механизму.
4. Перечислите и опишите «составляющие» восходящей активирующей ретикулярной системы (ВАРС).
5. Опишите значение и роль вентрального и дорсального ядер дыхательного центра, большого ядра шва, ножкомостового ядра и центра контроля мочеиспускания моста мозга.
6. Вспомните, как нарушение функции аминергических нейронов ретикулярной формации коррелирует с развитием психических заболеваний, таких как шизофрения и большое депрессивное расстройство.

Ретикулярная формация — филогенетически очень древняя нейронная структура и хорошо развитый отдел ствола мозга рептилий. Сначала она представляла собой полисинаптический путь с медленным проведением, тесно связанный с обонятельной и лимбической областями. Прогрессирующее доминирование зрения и слуха над обонянием привело к смещению чувствительных и двигательных функций внутрь покрышки среднего мозга. Прямые спино-покрышечный и покрышечно-спинномозговой пути обходят ретикулярную формацию, которая отвечает, главным образом, за вегетативную регуляцию. У млекопитающих покрышка, в свою очередь, стала играть второстепенную роль в передаче возбуждения по очень быстро проводящим волокнам, соединяющим кору полушарий с периферическими двигательными и чувствительными нейронами.

В мозге человека ретикулярная формация сохраняет свою связь с лимбической системой и продолжает играть важную роль в вегетативной и рефлекторной регуляции.

СТРУКТУРА

Термин **ретикулярная формация** относят только к полисинаптической нейронной сети ствола мозга, несмотря на то, что сеть распространяется впереди в таламус и гипоталамус и кзади в проприоспинальный тракт спинного мозга.

Общее строение показано на рисунке 24.1А. *Срединная ретикулярная формация* образована рядом **ядер шва** (греч. — *nuclei raphe*). Большая часть серотонинергических путей осевого отдела нервной системы начинается из ядер шва (см. следующий раздел).

Рядом расположена *парамедианная ретикулярная формация*. Этот отдел полностью состоит из *крупноклеточных* нейронов; в нижнем отделе моста и верхнем отделе продолговатого мозга (до уровня сращения ретикулярной формации с *центральным ретикулярным ядром* продолговатого мозга) можно также обнаружить *гигантоклеточные* нейроны.

Самым передним отделом считают *латеральную мелкоклеточную ретикулярную формацию*. Длинные дендриты мелкоклеточных нейронов образуют разветвления через определенные интервалы. Дендриты имеют преимущественно поперечное направление, а через промежутки между ними проходят длинные проводящие пути к таламусу. Латеральный отдел образован, главным образом, афферентными нейронами. К ним подходят волокна от всех чувствительных проводящих путей, включая органы чувств.

- Обонятельные волокна проходят через медиальный пучок переднего мозга, расположенный рядом с гипоталамусом.
- Зрительные проводящие пути проходят через верхний холмик.
- Слуховые волокна подходят от верхнего ядра оливы.
- Вестибулярные волокна подходят от медиального вестибулярного ядра.
- Соматические чувствительные волокна проходят через спинно-ретикулярные тракты от спинномозгового и собственного (главного или главного мостового) ядер тройничного нерва.

Большая часть аксонов мелкоклеточных нейронов интенсивно разветвляется между дендритами нейронов парамедианной ретикулярной формации. Однако часть из них образует синапсы с ядрами черепных нервов и участвует в создании программ движений (см. далее).

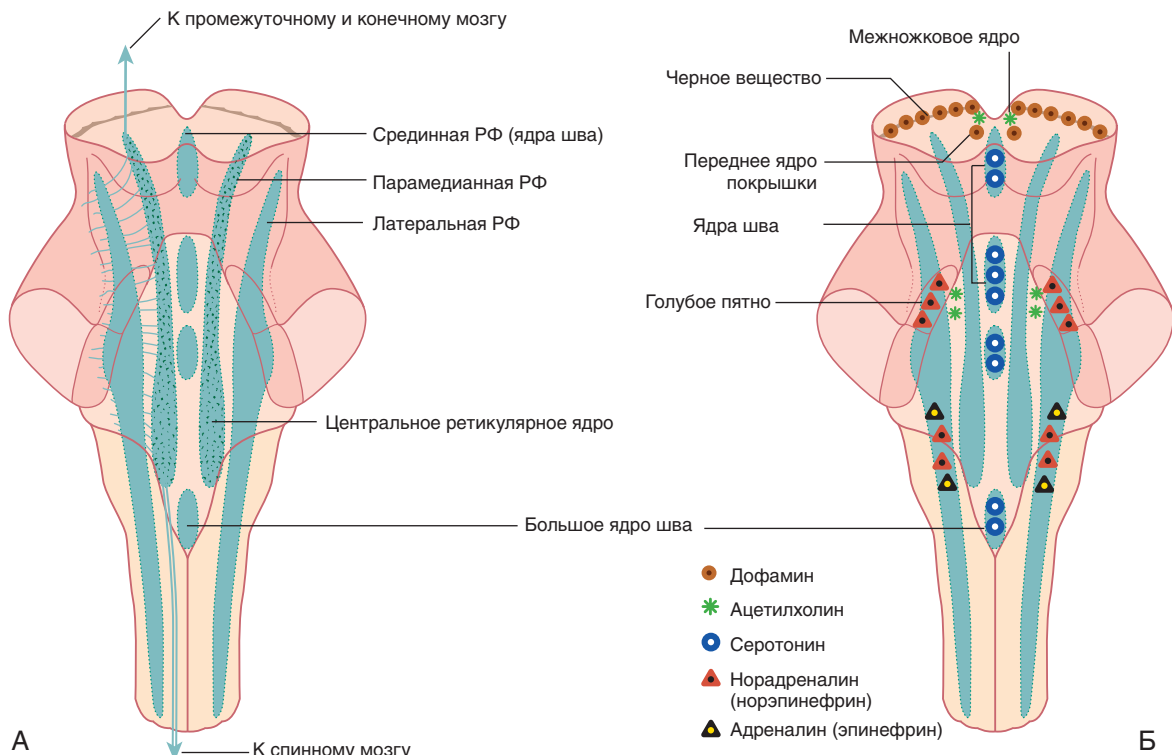


РИСУНОК 24.1 Ретикулярная формация (РФ). (А) Отделы. (Б) Группы аминергических и холинергических клеток.

Парамедианная ретикулярная формация — преимущественно *эфферентная система*. Аксоны относительно длинные, некоторые поднимаются вверх, образуя синапсы с ретикулярной формацией ствола мозга или таламусом. От других отходят как восходящие, так и нисходящие ветви, образующие полисинаптическую сеть. К крупноклеточным нейронам подходят волокна от премоторной коры, которые дают начало *ретикуло-спинномозговому путям моста и продолговатого мозга*.

Аминергические нейроны ствола мозга

Рассеянные по ретикулярной формации группы *аминергических (или моноаминергических) нейронов* — нейроны, медиаторы которых образуются из ароматических аминокислот и обладают рядом влияний на клетку (рис. 24.1Б). Одна группа продуцирует нейромедиатор *серотонин*, три другие — *катехоламины* (*дофамин*, *норадреналин* и *адреналин*), одна группа — *гистамин* (табл. 24.1)

Таблица 24.1 Аминергические нейроны ретикулярной формации

Медиатор	Локализация
Дофамин	Покровка моста (черное вещество, вентральные ядра покрышки)
Адреналин	Продолговатый мозг
Гистамин	Промежуточный мозг
Норадреналин	Средний мозг, мост, продолговатый мозг (голубое пятно)
Серотонин	Ядра шва среднего мозга, мост, продолговатый мозг

- **Серотонинергические нейроны** — наиболее часто встречаемые нейроны в любом отделе центральной нервной системы (ЦНС). К ним относят нейроны среднего мозга, волокна которых поднимаются к большим полушариям; нейроны моста, разветвляющиеся в стволе мозга и мозжечке; клетки продолговатого мозга, нисходящие в спинной мозг (рис. 24.2).

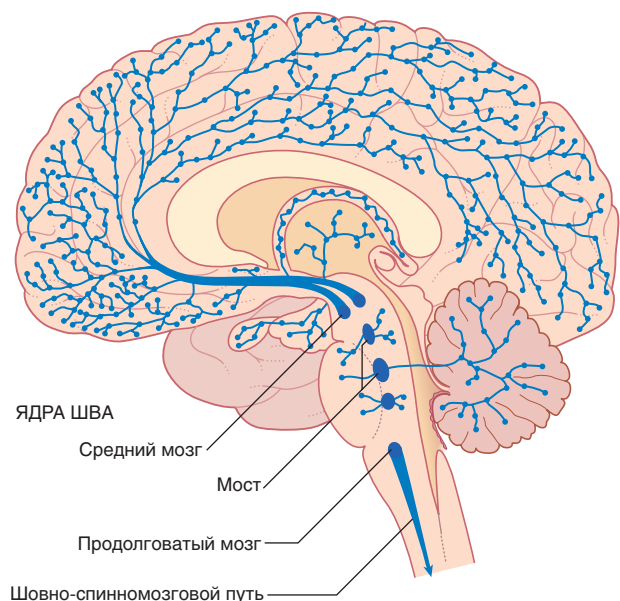


РИСУНОК 24.2 Серотонинергические пути от срединного отдела ствола мозга (шва).

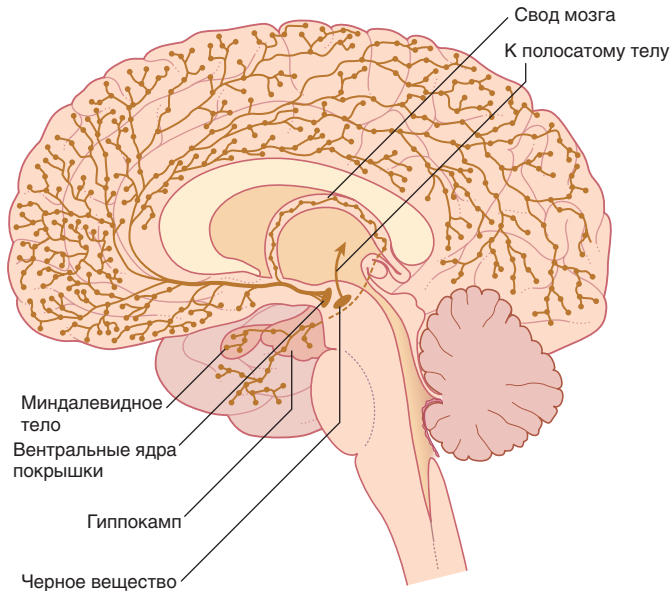


РИСУНОК 24.3 Дофаминергические пути от среднего мозга.

Все отделы серого вещества ЦНС пронизаны серотонин-секретирующими аксональными ветвями. Повышение серотонинергической активности используют в клинической практике для лечения такого распространенного заболевания, как большое депрессивное расстройство (глава 26).

- **Дофаминергические нейроны** среднего мозга представлены двумя группами. В месте соединения покрышки с ножками расположено **черное вещество** (глава 33). Медиальнее него расположены **вентральные ядра покрышки** (рис. 24.3), от которых отходят мезокортикальные волокна к лобной доле и мезолимбические волокна, идущие непосредственно к прилежащему ядру (глава 34).
- **Норадренергические (норэпинефринергические) нейроны** немного менее многочисленны, чем серотонинергические. Около 90 % тел нейронов сконцентрировано в **голубом пятне** (*locus ceruleus*) в дне IV желудочка у верхнего конца моста (рис. 24.4). От голубого пятна начинаются пути во всех направлениях, что показано на рисунке 24.5.
- **Адреналин-секретирующие (эпинефрин-секретирующие) нейроны** относительно немногочисленны и расположены преимущественно в ростральном/каудальном отделах продолговатого мозга. Одна часть волокон восходит к гипоталамусу, другая направляется книзу, образуя синапсы с преганглионарными симпатическими нейронами спинного мозга.

В больших полушариях ионная и электрическая активность аминергических нейронов значительно различается. Во-первых, для каждого амина существует более одного типа постсинаптических рецепторов. Во-вторых, некоторые аминергические нейроны высвобождают также белковые вещества, способные регулировать действие медиатора, — как правило, увеличивая его продолжительность. В-третьих, более крупные корковые нейроны получают множество возбуждающих и тормозных влияний от местных сетей с циркулирующим возбуждением, а также имеют множество различных типов рецепторов. Активация одного типа аминергического рецептора может привести к сильному или слабому эффекту в зависимости от исходного возбужденного состояния нейрона.

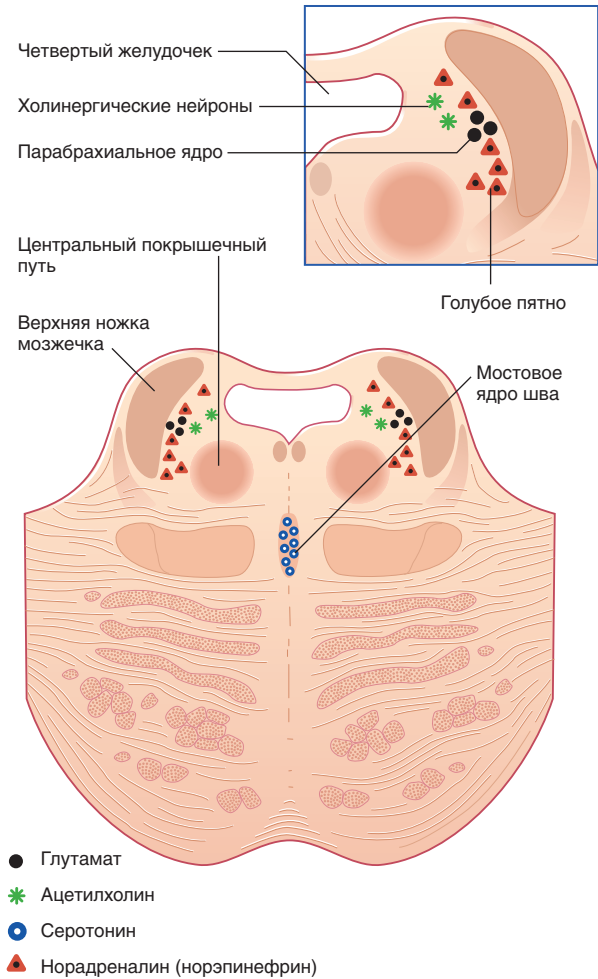


РИСУНОК 24.4 Часть поперечного среза через верхний отдел моста, показаны элементы ретикулярной формации.

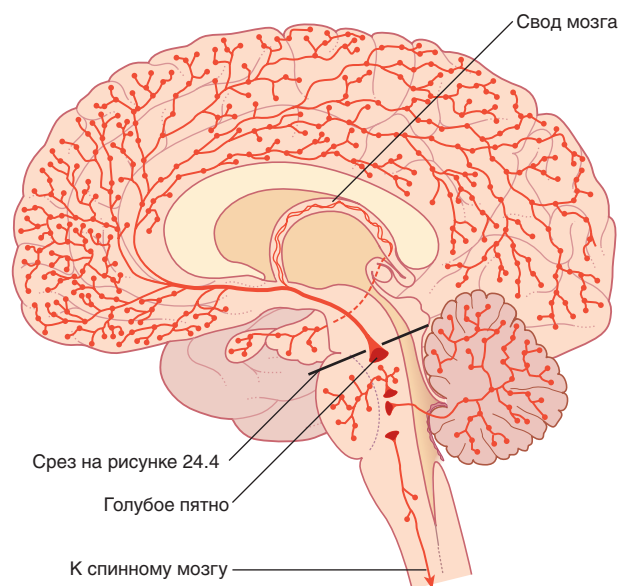


РИСУНОК 24.5 Норадренергические пути от моста и продолговатого мозга.

Наши знания о физиологии и фармакодинамике аминергических нейронов далеко не полные, однако их значение в широком разнообразии поведенческих функций не вызывает сомнений.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АНАТОМИЯ

Разнообразие функций, осуществляемых различными отделами ретикулярной формации, представлено в таблице 24.2.

Генераторы программ движений

К программам движений черепных нервов относят следующие.

- Содружественные (параллельные) движения глаз, местно контролируемые двигательными узлами (*центрами взора*) в среднем мозге и мосту, имеющие связь с ядрами двигательных нервов глаз (глава 23).
- Ритмичные жевательные движения, контролируемые супратригеминальным премоторным ядром моста (глава 21).

- Глотание, рвотные движения, кашель, зевание и чихание контролируют отдельные премоторные ядра продолговатого мозга, имеющие связь с соответствующими черепными нервами и дыхательным центром.

Генераторы программ движений описаны в блоке 24.1. Общее представление о контроле ходьбы представлено на рисунке 24.6. Высшие центры контроля мочеиспускания описаны в блоке 24.2.

Слюноотделительные ядра относят к мелкоклеточной ретикулярной формации моста и продолговатого мозга. От них отходят преганглионарные парасимпатические волокна к лицевому и языкоглоточному нервам.

Контроль дыхания

Дыхательный цикл в значительной степени регулируют дорсальное и вентральное дыхательные ядра, расположенные в верхнем отделе продолговатого мозга с каждой стороны от срединной линии. **Дорсальное дыхательное ядро** расположено в средне-латеральном отделе ядра одиночного пути. Вентральное ядро

Таблица 24.2 Отделы ретикулярной формации и осуществляемые ими функции

Отдел	Функция
Аминергические нейроны	Сон и бодрствование, внимание и настроение, сенсорные модальности, контроль артериального давления
Восходящая активирующая система (ВАС)	Возбуждение
Центральное ретикулярное ядро продолговатого мозга	Жизненно важные центры (сосудо-двигательный, дыхательный)
Латеральное ядро продолговатого мозга	Передача соматической и висцеральной информации к мозжечку
Крупноклеточные ядра	Поддержание позы, ходьба
Медиальное парабрахияльное ядро	Программа дыхательных движений при бодрствовании
Мостовой двигательный центр	Создание программ движения
Мостовой центр мочеиспускания	Контроль функций мочевого пузыря
Премоторные ядра черепных нервов	Программы движения, осуществляемые черепными нервами
Слюноотделительные ядра	Слюно- и слезоотделение

Блок 24.1 Генераторы программ движений

Из экспериментов на животных давно установлено, что *генераторы программ движений* низших позвоночных и низших млекопитающих расположены в сером веществе спинного мозга, соединяясь с помощью нервов с каждой из четырех конечностей. Данные генераторы в спинном мозге представляют собой электрические нейронные сети, последовательно доставляющие сигналы к сгибательным и разгибательным группам мышц. Генераторная активность спинного мозга подчиняется командам из высших центров — *двигательной области среднего мозга (ДОСМ)*.

К *ДОСМ* относят **ножкомостовое ядро**, прилежащее к верхней мозжечковой ножке в месте ее прохождения в области верхнего края четвертого желудочка и соединения со средним мозгом (см. рис. 17.16). От этих ядер в составе центрального покрывающего пути отходят нисходящие волокна к оральному и каудальному ядрам моста, образованным двигательными нейронами, иннервирующими мышцы разгибатели, и к крупноклеточным нейронам продолговатого мозга, контролирующим нейроны, иннервирующие мышцы-сгибатели.

Основной механизм реабилитации при поражениях спинного мозга — активация спинномозговых двигательных рефлексов у пациентов, перенесших травмы с частичным или полным разрывом спинного мозга. В настоящее время хорошо известно, что даже после полного разрыва на уровне шейного или грудного отдела возможна активация пояснично-крестцовых программ движений путем продолжительной электрической стимуляции твердой мозговой оболочки на уровне поясничных сегментов. Стимуляция в значительной степени активирует волокна

задних корешков, запуская образование импульсов в основании переднего рога. При поверхностной электромиографии (ЭМГ) со сгибательных и разгибательных мышц было обнаружено последовательное возбуждение нейронов мышц сгибателей и разгибателей, хотя данная программа не соответствовала нормальной. Для образования нормальной программы разрыв должен быть неполным с сохранением части нисходящих путей от ножкомостового ядра.

Создание истинных шагательных движений при полном разрыве возможно, если пациента поставить на беговую дорожку с одновременной стимуляцией твердой мозговой оболочки, преимущественно за счет получения генератором дополнительных чувствительных и проприоцептивных импульсов. Сила мышц и скорость ходьбы будут нарастать в течение нескольких недель, но недостаточно для ходьбы без использования ходунков.

Современные исследования направлены на улучшение возможности «создания моста» с супраспинальными двигательными волокнами путем очищения от остатков тканей в месте разрыва и замещения этих тканей составом, физически и химически стимулирующим регенерацию аксонов.

Рекомендуемая литература

- Benarroch EE. Pedunculopontine nucleus: functional organization and clinical implications. *Neurology*. 2013;73:1148–1155.
- El Manira A. Dynamics and plasticity of spinal locomotor circuits. *Curr Opin Neurobiol*. 2014;29:133–141.

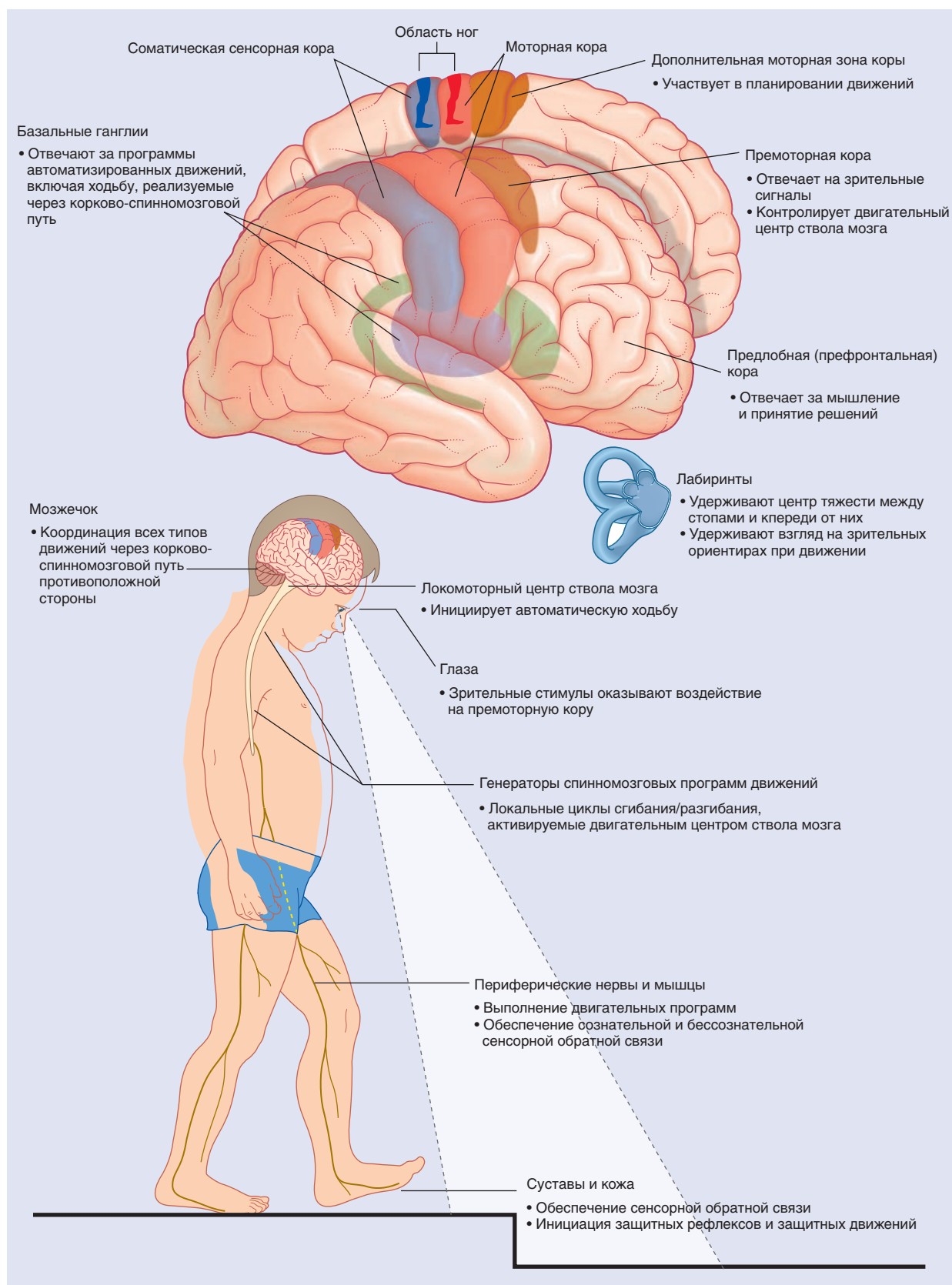


РИСУНОК 24.6 Общая схема контроля движений (выражаем признательность за содействие профессору Tim O'Brien, директору лаборатории движений, Центральной клиники коррекции, Дублин).

расположено позади двойного ядра (отсюда название — *позадидвойное ядро* на рис. 17.13). Оно отвечает за выдох; поскольку этот процесс в норме происходит пассивно, активность нейронов при обычном дыхании относительно низкая, но значительно возрастает при нагрузках. Третье, *медиальное парабрахияльное ядро*, прилежащее к голубому пятну, вероятно, имеет значение в механизме дыхания, возникающем в состоянии бодрствования. Парабрахияльное ядро, образованное множеством подгрупп нейронов, вместе с описанными выше аминергической и холинергической системами участвует в поддержании состояния бодрствования путем активации коры головного мозга. Из главы 34 станет известно, что стимуляция этого ядра миндалевидным телом при тревожных расстройствах приводит к характерной гипервентиляции.

Дорзальное дыхательное ядро контролирует процесс вдоха. От него отходят волокна к двигательным нейронам на противоположной стороне спинного мозга, иннервирующим диафрагму, межреберные и вспомогательные дыхательные мышцы. Ядро получает восходящие возбуждающие импульсы от хеморецеп-

торов хемочувствительной области продолговатого мозга и каротидного синуса.

Вентральное дыхательное ядро отвечает за выдох. При спокойном дыхании оно работает как нейронная цепь, участвуя в реципрокном торможении центра вдоха посредством ГАМК-ергических (γ -аминомасляная кислота) вставочных нейронов. При форсированном дыхании оно активирует клетки переднего рога, иннервирующие брюшные мышцы, отвечающие за спадение легких.

Хемочувствительная область продолговатого мозга

Сосудистое сплетение четвертого желудочка продуцирует спинномозговую жидкость (СМЖ), проходящую через латеральную апертуру (Лушка) четвертого желудочка (рис. 24.9). Клетки латеральной ретикулярной формации на поверхности продолговатого мозга в этой области имеют исключительную чувствительность к концентрации ионов водорода (H^+) в омывающей СМЖ. Фактически, эта *хемочувствительная область продолговатого*

Блок 24.2 Высшие центры контроля мочеиспускания

Нижние мочевыводящие пути разделены на два отдела — местилище мочи (мочевой пузырь), а также собственно выводящие пути — уретру и наружный сфинктер уретры, действующих скоординировано для хранения и выведения мочи. На уровне спинного мозга парасимпатические нейроны крестцовых сегментов вызывают сокращение мочевого пузыря (детрузора). Симпатические нейроны поясничных сегментов угнетают парасимпатические влияния и позволяют мочевому пузырю наполниться. Двигательные нейроны крестцовых сегментов, иннервирующие наружный сфинктер уретры, вносят вклад в функционирование обеих систем: при их возбуждении облегчается накопление мочи, при их торможении — облегчается ее выведение. Взаимодействие между этими системами происходит на различных уровнях ЦНС.

Мостовой центр контроля мочеиспускания (ядро Баррингтона) находится в парамедианной мостовой ретикулярной формации с каждой стороны, соединяясь по срединной линии. Отсюда отходят волокна крупноклеточных нейронов к отвечающим за мочеиспускание парасимпатическим нейронам в сегментах S2–S4 спинного мозга (рис. 24.7). Возбуждение центра контроля мочеиспускания приводит к акту мочеиспускания посредством повышения внутрипузырного давления (в результате сокращения гладких мышц стенки мочевого пузыря) и одновременного расслабления поперечно-полосатых мышц наружного уретрального сфинктера (вследствие возбуждения ГАМК-ергических вставочных нейронов ядра Онуфа, образующих синапсы с крестцовыми сегментами спинного мозга) (Глава 13). Аксоны этих двигательных нейронов проходят в составе половых нервов, иннервирующих наружный уретральный сфинктер. (В более латеральном отделе ретикулярной формации моста расположена *L-зона*, имеющаяся у млекопитающих, от которой волокна направляются к ядру Онуфа и вызывают сокращение наружного сфинктера уретры. Мостовой центр контроля мочеиспускания обозначают как *M-зону*, однако его взаимодействие с L-зоной вызывает сомнения.)

На более высоких уровнях к клеткам латерального отдела правого ОВСВ подходят восходящие волокна от задних рогов крестцовых сегментов, а от них — возбуждающие волокна к островку, который генерирует чувство наполненности мочевого пузыря и передает возбуждение на медиальные отделы лобной коры. Возбуждение латерального отдела ОВСВ осуществляет также *правый* гипоталамус. Часть спиноретикулярных волокон от крестцовых сегментов возбуждает L-зону. Другие волокна переключаются через таламус на клетки *правой передней поясной коры (ППК)*, возбуждающиеся в ситуациях, требующих концентрации внимания. Такое доминирование правых отделов может быть связано с эмоциональными аспектами мочеиспускания. При функциональном исследовании мозга было установлено, что дальнейшее заполнение жидкостью уже полного мочевого пузыря приводит к активации островка и дорсальной передней поясной коры/дополнительной моторной области. Когда мочевой пузырь не наполнен, заполнение жидкостью приводит к активации среднего мозга и парагиппокампальной области, осуществляющих бессознательный контроль афферентных сигналов от мочевого пузыря.

Цикл мочеиспускания

1. Когда мочевой пузырь заполнен наполовину, восходящие волокна от рецепторов растяжения в детрузоре и слизистой оболочке в мочепузырном треугольнике передают эту информацию по спиноретикулярным волокнам через таламус к мосту, среднему мозгу и мозжечку (рис. 24.8).
2. От коры островка информация поступает в *центр принятия решений* в медиальной лобной коре, которая получает данные о степени наполнения мочевого пузыря.
3. Как было показано в главе 13, активация симпатической системы увеличивается постепенно, позволяя увеличить *растяжимость мочевого пузыря* (через β_2 -адренорецепторы). При взаимодействии с α_2 -адренорецепторами происходит торможение парасимпатических нейронов.
4. Спироретикулярные волокна, образующие синапсы с L-зоной моста, возбуждают ядро Онуфа в крестцовых сегментах спинного мозга, повышая, таким образом, тонус наружного сфинктера уретры.
5. При полном заполнении возникает ощущение непреодолимого желания. При неподходящем времени или месте активируется отдел медиальной лобной извилины. Эта область тормозит ППК, уменьшая уровень ее активности путем возбуждения ее тормозных вставочных нейронов. Аналогичным образом через переключение в гипоталамусе и среднем мозге происходит торможение преоптической области и ОВСВ посредством возбуждения тормозных нейронов.
6. Последняя, но кратковременная мера, — *произвольное сокращение мышц тазового дна*. Команду на сокращение посылает лобная кора к промежуточному отделу в медиальной области моторной коры парацентральной доли.
7. Когда время и место позволяет, медиальная лобная извилина «освобождает троих своих пленников». Происходит расслабление тазового дна способом, описанным в Главе 13, гипоталамус активирует M-зону ОВСВ, одновременно с этим ингибируя L-зону путем возбуждения тормозных вставочных нейронов. Правостороннее доминирование центра контроля мочеиспускания согласуется с клиническими данными: у пациентов обоих полов, перенесших инсульт, недержание мочи чаще возникает при правосторонней локализации очага.

Роль моноаминов

К двигательным и чувствительным ядрам спинного мозга, иннервирующим мочевой пузырь, подходит огромное количество серотонинергических нисходящих волокон от большого ядра шва (БЯШ) продолговатого мозга. Доказано, что растяжение мочевого пузыря приводит к стимуляции БЯШ (путем спиноретикулярной активации ОВСВ). Кратко излагая, контроль мочеиспускания на низшем уровне (см. рис. 13.12) означает, что БЯШ создает тонус мочевого пузыря, направленный, прежде всего, на его наполнение.

Норадренергические нисходящие волокна из голубого пятна к передним рогам спинного мозга усиливают действие глутамата, локально вырабатываемого из клеток ядра Онуфа, увеличивая, тем самым, тонус наружного сфинктера в фазу наполнения.

продолжение

Блок 24.2 Высшие центры контроля мочеиспускания (продолжение)

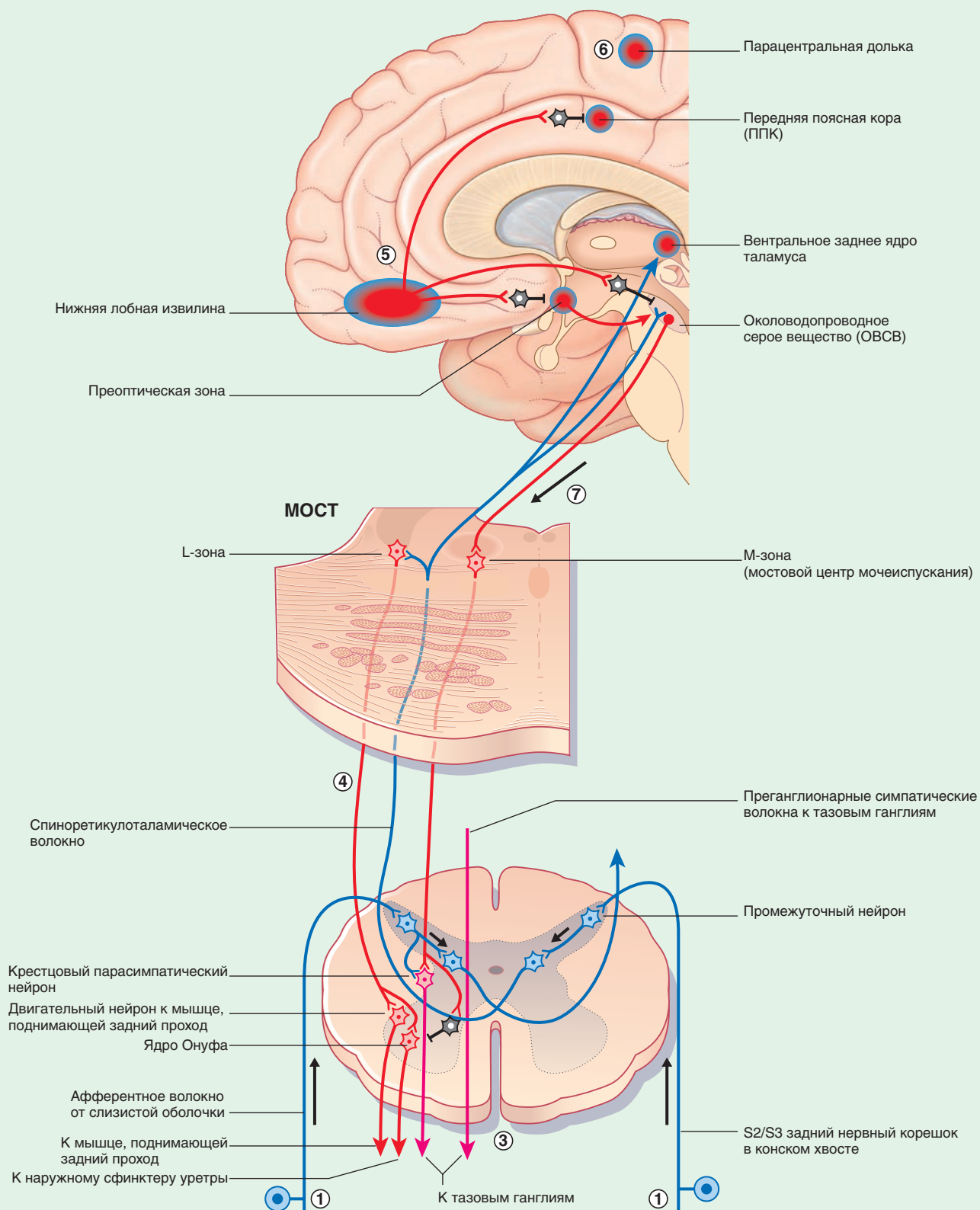


РИСУНОК 24.7 Высшие центры контроля мочеиспускания.

Блок 24.2 Высшие центры контроля мочеиспускания (продолжение)



РИСУНОК 24.8 Показаны высокоактивные области при функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) в фазу наполнения мочевого пузыря в цикле мочеиспускания. ОВСВ — околотоводопроводное серое вещество. Мост — подразумевается мостовой центр контроля мочеиспускания. (Из De Wachter S. G., Heeringa R, van Koeveeringe G. A., Gillespie J. I.: *On the nature of bladder sensation: the concept of sensory modulation*, *Neurourol Urodyn* 30:1220–1226, 2011.)

Рекомендуемая литература

- De Wachter SG, Heeringa R, van Koeveeringe GA, et al. On the nature of bladder sensation: the concept of sensory modulation. *Neurourol Urodyn*. 2011;30:1220–1226.
- Fowler CJ, Griffiths DJ. A decade of functional brain imaging applied to bladder control. *Neurourol Urodyn*. 2010;29:49–55.
- Griffiths DJ, Fowler CJ. The micturition switch and its forebrain influences. *Acta Physiol*. 2013;207:93–109.
- Tadic SD, Tannenbaum C, Resnick NM, et al. Brain responses to bladder filling in older women without urgency incontinence. *Neurourol Urodyn*. 2013;32:435–440.

мозга анализирует парциальное давление углекислого газа ($p\text{CO}_2$) в СМЖ, которое соответствует $p\text{CO}_2$ крови, снабжающей головной мозг. Любое повышение концентрации ионов H^+ приводит к стимуляции дорсального дыхательного ядра путем прямой синаптической связи (в продолговатом мозге расположено несколько других хемочувствительных ядер).

Хеморецепторы каротидного синуса

Каротидный синус размером с булавочную головку прилежит к стволу внутренней сонной артерии (рис. 24.9) и получает от этой артерии веточку, разветвляющуюся внутри. Кровоток через каротидный синус настолько интенсивный, что артериовенозное парциальное давление кислорода ($p\text{O}_2$) изменяется менее чем на 1 %. Хеморецепторы представляют собой клетки клубочка, иннервируемые ветвями **синусного нерва** (ветвь IX черепного нерва). Каротидные хеморецепторы реагируют как на снижение $p\text{O}_2$, так и на повышение $p\text{CO}_2$ и обеспечивают рефлекторную регуляцию уровней газов крови путем изменения частоты дыхания.

Хеморецепторы **аортального гломуса** (под дугой аорты) у человека относительно недоразвиты.

Контроль сердечно-сосудистой системы

Сердечный выброс и периферическое сопротивление сосудов регулируют нервная и эндокринная системы. Вследствие широкого распространения эссенциальной артериальной гипер-

тензии в позднем среднем возрасте большинство исследований в этой области направлено на изучение механизмов сердечно-сосудистой регуляции.

Восходящие волокна, сигнализирующие о повышенном артериальном давлении, начинаются от рецепторов растяжения (многочисленных свободных нервных окончаний) в стенке каротидного синуса и дуги аорты (рис. 24.10). Эти восходящие волокна, известные как **барорецепторы**, направляются к медиально расположенным клеткам ядра одиночного пути, образующим **барорецепторный центр**. Восходящие волокна от каротидного синуса проходят в составе языкоглоточного нерва; волокна от дуги аорты входят в состав блуждающего нерва. Барорецепторные нервы относят к «буферным нервам», так как их действие заключается в коррекции любых отклонений артериального давления от нормы.

Сердечный выброс и периферическое сопротивление сосудов зависят от активности симпатической и парасимпатической нервных систем. Два основных барорецепторных рефлекса — парасимпатический и симпатический — способствуют нормализации повышенного артериального давления (детально описано в подписи к рис. 24.10).

Сон и бодрствование

При **электроэнцефалографии (ЭЭГ)** можно наблюдать характерные картины электрической активности корковых нейронов при разных состояниях сознания. Нормальное состояние бодрствования характеризуется высокочастотными низкоамплитудными

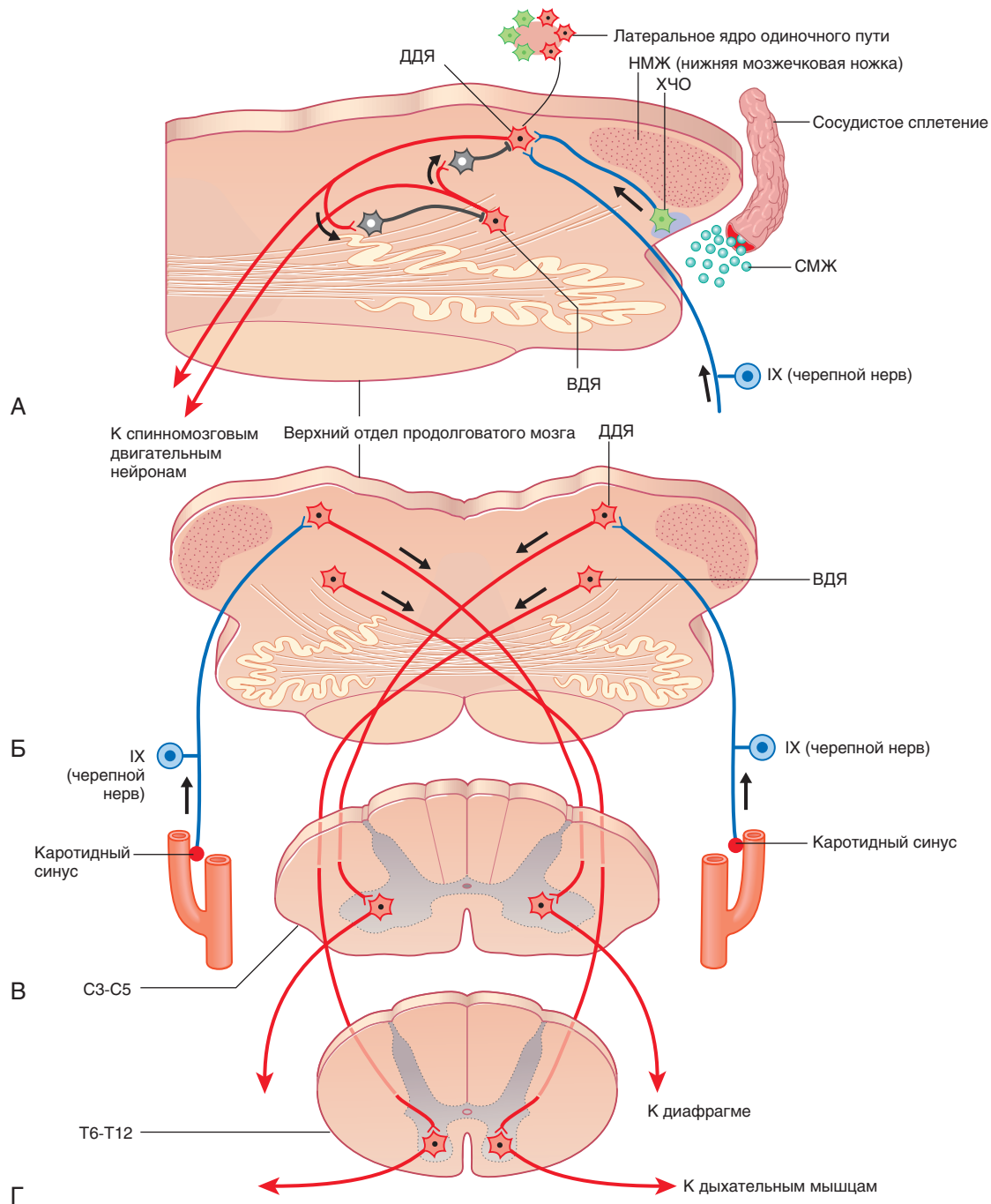


РИСУНОК 24.9 Дыхательный центр. Все срезы показаны снизу и сзади. (А) — увеличенный срез (Б). (А) Тормозное взаимодействие между дорсальным и вентральным дыхательными ядрами (ДДЯ, ВДЯ). К хемочувствительной области (ХЧО) продолговатого мозга, волокна от которой направляются к ДДЯ, прилежат капилляры сосудистой оболочки, продуцирующие спинномозговую жидкость (СМЖ) (Б). В составе языкоглоточного нерва (IX) проходят хемочувствительные волокна от каротидного синуса до ДДЯ. (В) Возбуждение двигательных нейронов диафрагмы осуществляет противоположное ДДЯ. (Г) Для форсированного выдоха ВДЯ противоположной стороны возбуждает нейроны мышц передней брюшной стенки.

волнами. Погружение в сон сопровождается низкочастотными высокоамплитудными волнами, более высокая амплитуда волн обусловлена синхронизированной активностью большего числа нейронов. Такой тип сна называют *медленноволновым* (синхронизированным), или *не-REM-сном* (REM — rapid eye movement — быстрые движения глаз). Он продолжается около 60 мин, а затем

переходит в десинхронизированный сон, при котором последовательности на ЭЭГ напоминают таковые при состоянии бодрствования. Только в этот период возникают сны и быстрые движения глаз (отсюда и более часто употребляемый термин — *REM-сон*). В период нормального ночного сна сменяют друг друга несколько циклов REM-сна и не-REM-сна, описанные в главе 30.

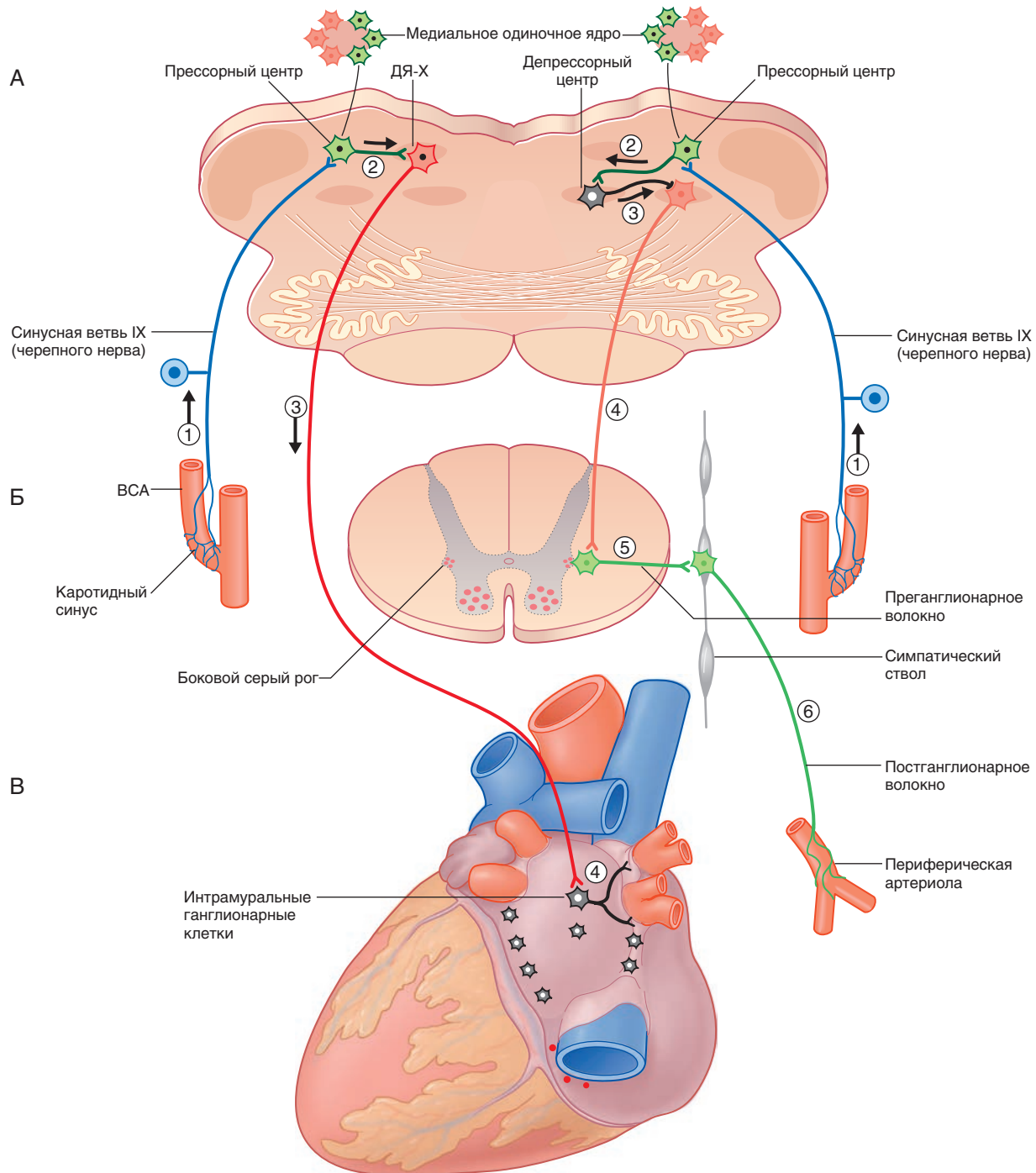


РИСУНОК 24.10 Барорецепторные рефлексy. **(А)** Верхний отдел продолговатого мозга. **(Б)** Сегменты спинного мозга от Т1 до L3. **(В)** Задняя стенка сердца. *Барорецепторный рефлекс (слева).* 1. Рецепторы растяжения в каротидном синусе возбуждают волокна синусовой ветви языкоглоточного нерва. ВСА — внутренняя сонная артерия. 2. Барорецепторные нейроны ядра одиночного пути отвечают возбуждением тормозящих сердце (кардиоингибирующих) нейронов дорсального (двигательного) ядра блуждающего нерва (ДЯ-Х). 3. Преганглионарные парасимпатические холинергические волокна блуждающего нерва образуют синапсы с клетками интрамуральных ганглиев в задней стенке сердца. 4. Постганглионарные парасимпатические холинергические волокна тормозят пейсмекерную активность синоатриального узла, уменьшая, тем самым, частоту сердечных сокращений. *Баросимпатический рефлекс (справа).* 1. Аfferентные волокна рецепторов растяжения каротидного синуса возбуждают медиальные барорецепторные нейроны ядра одиночного пути. 2. Барорецепторные нейроны отвечают возбуждением тормозных нейронов депрессорного центра в центральном ретикулярном ядре продолговатого мозга. 3. Происходит торможение адренергических и норадренергических нейронов прессорного центра латерального ретикулярного ядра (переднего вентролатерального отдела продолговатого мозга). 4. Уменьшается тоническое возбуждение нейронов боковых рогов спинного мозга. 5 и 6. Происходит пре- и постганглионарное торможение симпатической иннервации тонуса артериол, что, в свою очередь, приводит к снижению периферического сосудистого сопротивления.