

содержание

7 введение

9 предисловие к русскому изданию

11 функциональная нейроанатомия поведения
и поведенческих расстройств

Центральная и периферическая нервная система	13
Управление движениями.....	23
Соматосенсорные функции.....	35
Латерализация речевых и двигательных функций.....	44
Нейроанатомические механизмы внимания, памяти, временного согласования, восприятия длительности и осознания времени.....	76
Нейроанатомические механизмы эмоционального взаимодействия, префронтальная и лимбическая системы ...	82
Динамическое восприятие и память.....	86

93 изучение анамнеза и неврологическое обследование:
основы и методы

Исторические сведения	94
Структура и цель современного обследования.	100
Подготовка консультации	103
Сбор и оценка анамнеза	104
Осмотр врача	III

133 исследование телесно-когнитивной сферы
и первичная диагностика ее нарушений

Введение	135
В чем состоит цель исследования телесно-когнитивной сферы?	136
Соместезия, кинестезия и стереогноз.....	138
Соматогнозис — ориентация в пространстве тела и в окружающем пространстве	142
Зрительное восприятие, зрительно-пространственная ориентация и гнозис	147
Зрительно-моторные взаимоотношения: координация глаз–рука	152

Идеомоторный и идеаторный праксис и мануальная асимметрия	153
Конструктивный праксис, графический праксис и почерк.....	154
Экспрессивные двигательные навыки или кинезии	157
Исследование ритмичности, слухового внимания и запоминания.....	158
Слуховая, зрительно-слуховая и слухо-моторная функции	163
Исследование развития речи, вербального и невербального орального праксиса, восприятия речи	164

175 диспраксии и двигательные расстройства у детей

Кратко о развитии	177
Классификация двигательных расстройств.....	180
Диагностические концепции нарушений развития сенсомоторной функции и праксиса	184
Качественные нарушения первичной двигательной функции..	186
Нарушения сенсомоторной функции и праксиса.....	192
Расстройства двуручной координации	225
Идеомоторная диспраксия, нарушения латеральности и выбора ведущей руки	226
Нарушения развития латеральности	230
Идеаторная диспраксия	242
Конструктивная диспраксия и дисграфия	243
Нарушения психомоторных экспрессий (кинезий)	248
Церебральная основа и этиология диспраксий.....	250
Обследование психологом и реабилитологом.....	253
Влияние диспраксии на социальные контакты и поведение	260
Основания для обращения к специалистам и принципы лечения	261

264 глоссарий

271 библиография

Введение

Эта книга — руководство по поведенческой неврологии для широкого круга профессионалов (неврологов, психиатров, педиатров), которые занимаются диагностикой, лечением и обучением детей с различными нейropsychиатрическими синдромами, поведенческими и двигательными расстройствами. Она будет также полезной таким специалистам, как нейропсихологи, логопеды, реабилитологи (эрготерапевты, кинезиотерапевты, специалисты по лечебной физкультуре), поможет им лучше понять неврологические принципы своей работы. Это послужит укреплению основы для совместной работы различных специалистов.

Главы 2 и 3 будут интересны тем специалистам, которые хотели бы узнать, как проводятся в повседневной практике неврологическое обследование ребенка с оценкой показателей его развития и первичное клиническое нейропсихологическое обследование. При этом внимание сфокусировано на следующих вопросах: насколько применяемые методы подходят для обследования детей с теми или иными нарушениями, как специалисту следует проводить обследование, каковы значимость определенных симптомов и клинические концепции различных расстройств?

В этой книге представлен необычный подход к детской неврологии. Несмотря на то, что основное внимание в ней уделяется общим и специальным проблемам развития, она расширяет традиционную клиническую перспективу с помощью переноса данных, которыми располагают современные нейронауки, в повседневную клиническую практику. Если читатель будет придерживаться предлагаемой последовательности изложения материала, то ему удастся получить достаточно полное представление о процессе клинического анализа. Для читателя станет легче сформулировать запрос к другому специалисту по поводу проблем, имеющих у его пациента. Процесс клинического анализа наряду с теоретическими знаниями всегда является той основой, которая помогает принимать правильные решения. При этом непрерывно продолжающийся пересмотр существующих представлений ставит сложную задачу для самого процесса клинического мышления. Это особенно касается поведенческой неврологии, имеющей собственное место в рамках детской неврологии, поскольку в ней клинический анализ часто основывается на гипотезах, а не на подтвержденных фактах.

Прочитай сначала

⇒ Каждая глава книги начинается с перечисления разделов и рассматриваемых вопросов. При этом структура книги выглядит следующим образом. По ходу текста ссылки по тем или иным вопросам даются не на страницы, а на номера глав и разделов внутри глав. Например, ссылка [глава 1.3.] означает главу 1 раздел 3, ссылка [4.6.1.] — раздел 6.1. в главе 4, ссылка {комментарий 2} озна-

чает комментарий 2 в боковой колонке текста раздела, содержащего упоминание о ней. Указания на библиографические источники даются в квадратных скобках [] в алфавитном порядке. Поиск толкований различных терминов и понятий следует осуществлять с помощью глоссария.

предисловие к русскому изданию

Впервые отечественные специалисты получают возможность знакомства с двухтомным руководством по детской поведенческой неврологии, автором которого является Чарльз Ньюкиктъен. Имя Чарльза Ньюкиктъена широко известно во многих странах мира, это один из ведущих специалистов и основоположников нового направления — детской поведенческой неврологии, обладающий поистине уникальным опытом научных исследований и практической работы в этой области. Его книги опубликованы на английском и голландском языках, и во многом благодаря усилиям самого автора, его особому отношению к российским коллегам и уважению к традициям отечественных нейронаук выходит в свет это издание.

Поведенческая неврология — это та область неврологии, которая изучает связь между проблемами в поведении и обучении и их неврологической основой. Детская поведенческая неврология рассматривает эту связь не только с клинической точки зрения, но и в аспекте развития, применительно к детям с трудностями общения, обучения, поведения, нарушениями речи, моторики, праксиса. Поведенческая неврология самым тесным образом связана с нейропсихологией, поскольку перечисленные расстройства в значительной степени определяются нарушениями формирования высших психических функций. При этом важное значение придается анализу этиологии и патогенеза данных нарушений. В 1-м томе настоящего издания рассматриваются функциональная нейроанатомия поведения и поведенческих расстройств, методология неврологического обследования и оценки показателей развития ребенка, исследование телесно-когнитивной сферы и основы диагностики ее нарушений, а также диспраксии и двигательные расстройства у детей.

Во 2-м томе будут обсуждаться расстройства развития речи, памяти, внимания у детей, дислексия, дискалькулия, аутизм и аутистические синдромы, умственная отсталость и регресс в развитии, поведенческие фенотипы и специфические нейропсихиатрические синдромы.

В некоторых разделах автором приводятся концепции и диагностические методы, которые пока недостаточно известны отечественным специалистам. Знакомство с ними представляется исключительно важным, поскольку они разработаны на основании современных достижений медицинской науки, психологии, нейрофизиологии и других дисциплин, успешно применяются во многих странах мира.

В России детская поведенческая неврология проходит в настоящее время период становления, но уже активно востребована в связи с высокой распространенностью нарушений развития, обучения, поведения среди детей и подростков. Благодаря этому изданию

российские специалисты впервые получают возможность познакомиться с одним из лучших в мире руководств по детской поведенческой неврологии. Поскольку это направление имеет междисциплинарную направленность, то книги Чарльза Ньюкиктьена будут не только хорошо понятны, но и чрезвычайно полезны для повседневной практической работы с детьми широкому кругу специалистов: врачам (педиатрам, неврологам, психиатрам), реабилитологам, психологам, логопедам, коррекционным педагогам, социальным работникам.

Особой благодарности за большую, кропотливую и своевременную работу по переводу и изданию двухтомника Чарльза Ньюкиктьена безусловно заслуживают издательство «Теревинф» и его сотрудники, тем более что версия этого издания на английском языке была опубликована совсем недавно — в 2007 году.

Доктор медицинских наук, профессор Н.Н. Заваденко

1. функциональная нейроанатомия поведения и поведенческих расстройств

Разделы и таблицы

- 1.1. **Центральная и периферическая нервная система**
 - 1.1.1. Большие полушария мозга; функциональные блоки по А.Р. Лурия
 - 1.1.2. Контралатеральный и ипсилатеральный мозговой контроль перцептивных и элементарных моторных функций
 - 1.1.3. Мозолистое тело
- 1.2. **Управление движениями**
 - 1.2.1. Развитие двигательных функций, способности к поддержанию равновесия и контролю позы
 - 1.2.2. Базальные ганглии, вестибулярная система, таламус и мозжечок
 - 1.2.3. Двуручная координация
- 1.3. **Соматосенсорные функции**
 - 1.3.1. Соматосенсорная афферентация и организация схемы тела
 - 1.3.2. Схема тела
 - 1.3.3. Синдром Герстманна у детей
 - 1.3.4. Зрительные представления и мысленное вращение объекта
- Таб. 1–I. Перечень функций теменно-затылочных отделов и ссылки на методы исследования
- 1.4. **Латерализация речевых и двигательных функций**
 - 1.4.1. Правое и левое большие полушария и мозжечок
 - 1.4.2. Нейроанатомические основы механизмов речи
 - 1.4.3. Зрительно-моторная координация и церебральный контроль действий (праксис)
- Таб. 1–II. Нарушения функций правого полушария у детей
- Таб. 1–III. Функции правого полушария и их нарушения, возникающие при мозговых поражениях у правой взрослой возрасту

Для того чтобы разобраться в симптомах и проявлениях, вызываемых мозговыми дисфункциями, нужны знания в трех областях. Во-первых, необходимо хорошо знать функциональную нейроанатомию — ту основу, которая позволяет связать мозг и поведение. Во-вторых, важно понимать, как в ходе развития происходит формирование мозга (эмбриология) и как возникают нарушения развития и повреждения мозга. В-третьих, нужно учитывать как влияние мозговой дисфункции, так и пластичности мозга. Две последние темы здесь не рассматриваются.

Эта глава — введение в функциональную нейроанатомию. В ней разъясняется, почему повреждения или генетически обусловленная патология определенных отделов мозга могут приводить к тем или иным симптомам. То, что рассматривается здесь, представляет собой результат пренатального развития.

Общая нейроанатомия проводящих путей, кортикальных полей и подкорковых ядер, как и их функции, хорошо известны. Современная нейронаука больше внимания уделяет функциональным системам, роли нейромедиаторов и рецепторов, а также генетическим основам их функционирования. В этой главе рассматриваются функциональные системы, поскольку именно они играют важную роль в поведенческой неврологии. Мы делаем акцент на межполушарной асимметрии в контроле когнитивных функций и на том факте, что различные поля коры у взрослых и у детей до 9–11 лет обеспечивают разные функции. До того, как будет достигнуто состояние зрелости, происходят интенсивные процессы функционального развития, сопровождающиеся перестройками нервной системы [130].

Насколько возможно, здесь рассматриваются вопросы церебрального обеспечения двигательных функций и праксиса, речи, сенсорного восприятия, гнозиса, внимания, памяти, распределения и согласования своих действий во времени, а также социальное и эмоциональное поведение. В этой главе акцент делается на моторных способностях, действиях, речевых функциях, а также на восприятии, которые в ситуациях реальной деятельности тесно связаны между собой. В конце главы рассматриваются некоторые концепции динамического восприятия и памяти, а также представления о зеркальных системах нейронов.

То, что известно о взаимосвязях между мозгом и поведением, относится главным образом к дисфункциям тех или иных отделов нервной системы у взрослых, что в некоторых случаях, особенно в отношении детей младше 9–11 лет, может служить причиной ошибочных суждений.

Среди публикаций по функциональной нейроанатомии следует указать на работы Brodal [63], Freund и др. [145], Habib [185], Kandel и др. [230], Nieuwenhuys и др. [321], Rosenbaum [392] и обзоры [144].

Таб. 1–IV. Нарушения развития функций правого полушария, проявляющиеся в симптомах аутистического спектра

Таб. 1–V. Нарушения функций левого полушария у детей

1.4.4. Лобные глазодвигательные зоны

1.4.5. Идеомоторный и идеаторный праксис и диспраксии

1.4.5.1. Праксис и левое полушарие

1.4.5.2. Идеомоторный праксис и диспраксия у детей; их значение в процессе развития

1.4.5.3. Идеаторный праксис и диспраксия

1.4.5.4. Конструктивный праксис и правое полушарие

1.4.5.5. Графомоторная функция

1.5. Нейроанатомические механизмы внимания, памяти, временного согласования, восприятия длительности и осознания времени

1.5.1. Функции внимания

1.5.2. Функции памяти

Таб. 1–VI. Развитие функций внимания и памяти и их предполагаемая нейроанатомическая организация

1.5.3. Восприятие длительности, осознание времени и временная организация деятельности

1.6. Нейроанатомические механизмы эмоционального взаимодействия, префронтальная и лимбическая системы

1.7. Динамическое восприятие и память

1.7.1. Мнестический процесс в соответствии с голографическими принципами по Pribram

1.7.2. Реконструкция ментальных объектов (по Damasio)

1.7.3. Единство перцепции и согласованное восприятие

1.7.4. Система зеркальных нейронов



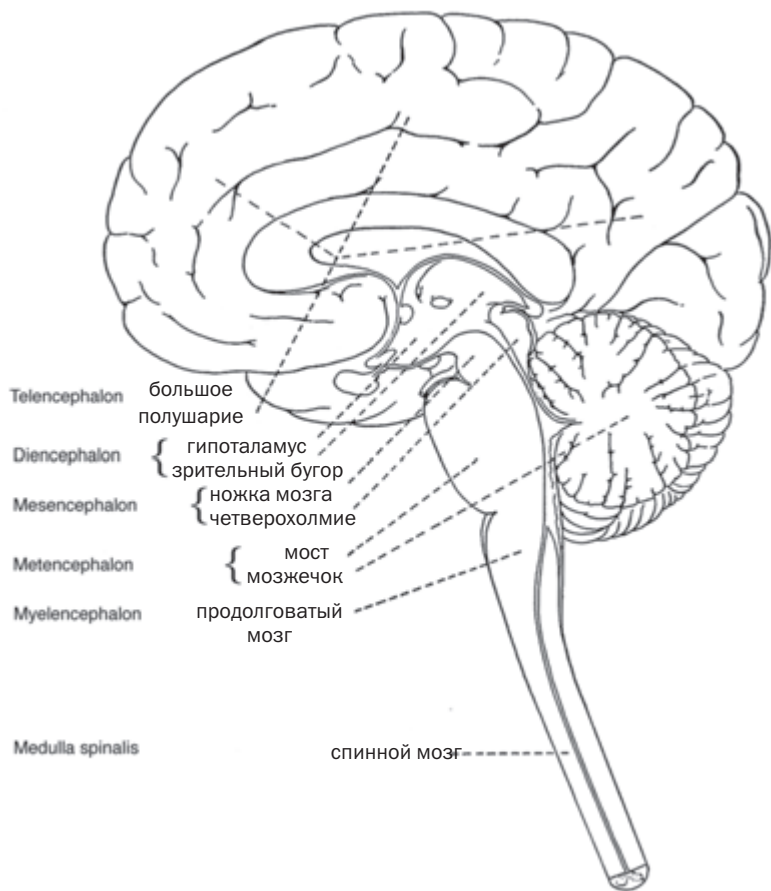
ЦНС — это не только ретроактивный, но и проактивный орган. ЦНС обеспечивает приспособительные реакции, а также способности к инициативе и предвосхищению. Другими словами, нервная система способна к прогнозированию, позволяющему организму подготовиться к будущим формам активности, даже если они станут осуществляться лишь по прошествии секунд. В основе такого прогнозирования лежит долговременная память (опыт), хотя непосредственное восприятие через ощущения также играет роль. Данная информация частично отражена в рабочей памяти (обеспечиваемой префронтальными структурами), которая связана с управляющими функциями. Наблюдение, прогнозирование, принятие решения и выполнение действия могут осуществляться быстро (как это происходит, например, во время охоты, вождения автомобиля, спортивных игр с мячом и т.д.). Это может происходить и в более медленном темпе, в частности во время вербального и невербального взаимодействия в процессе беседы, и еще медленнее, например, в ходе мыслительных процессов, направленных на долговременное планирование.

Большие полушария головного мозга и структурно-функциональные блоки по А.Р. Лурия

1.1. Центральная нервная система (ЦНС) обрабатывает информацию о внешних физических и социальных событиях, поступающую через органы чувств и кожу (экстероцептивная информация), а также ощущения, связанные с собственным телом, возникающие в результате раздражения мышц, суставов и вестибулярного аппарата (проприорецептивная информация). Нервная система не только осуществляет выработку моторных реакций в ответ на данные стимулы, из которых складываются движения, действия, речь, но она и сама способна генерировать движения, причем уже на пренатальной стадии развития. Нервная система может давать быстрые рефлекторные ответы, например, в ответ на болевой стимул или на появление раздражителя в зрительном поле. Большинство же реакций реализуется медленнее, поскольку они включают когнитивный компонент и, следовательно, в них участвует больше областей коры и подкорковых структур. Нервная система обладает способностью к запоминанию и обучению на основе опыта. Эта великолепная и целесообразная способность основана на формировании представлений начиная с самого рождения {комментарий}. Большие полушария мозга и мозжечок специализируются на выполнении сложных функций, которые нарушаются в случае их поражения или аномального развития. Благодаря межполушарным комиссурам, в частности мозолистому телу, они работают совместно. Во время онтогенеза ЦНС развивается таким образом, что большие полушария мозга располагаются в передних отделах, образуя большой мозг, или cerebrum. Помимо него формируется так называемый малый мозг, или мозжечок, состоящий из двух полушарий и средней части — червя мозжечка. Мозжечок участвует в выполнении моторных и, как было недавно выяснено, когнитивных функций [см. 1.4.1.]. Оставшаяся часть центральной нервной системы представлена спинным мозгом, который имеет симметричную трубчатую структуру и не разделен полностью надвое [рис. 1-1]. На срезе спинного мозга в центре располагается серое вещество (нейроны) бабочкообразной формы, которое окружено белым веществом (проводящими путями).

1.1.1. Этот раздел посвящен большим полушариям мозга, или кратко — *полушариям*, а также мозжечку. Каждое полушарие анатомически делится на доли [рис. 1-2]. Такое деление частично совпадает с логикой развития мозга в ходе онтогенеза и с последующей функциональной специализацией и нарушениями функций [рис. 1-2 и 1-3].

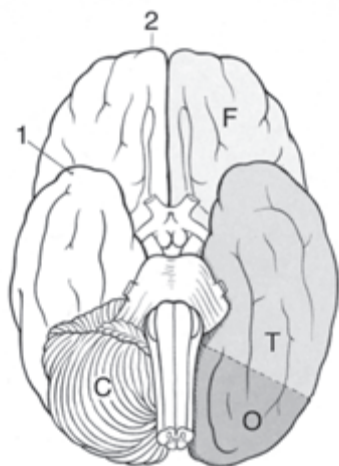
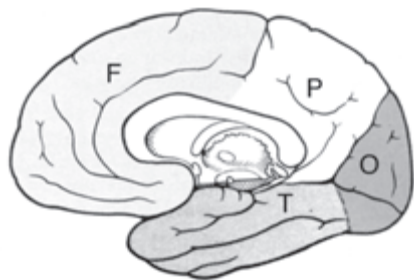
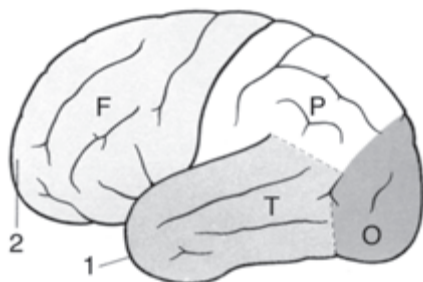
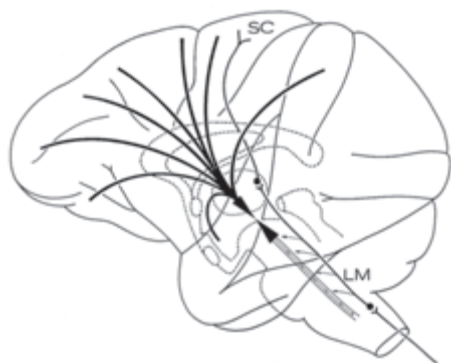
Рис. 1–I. Общая анатомия центральной нервной системы



Слева представлен срединный сагиттальный срез большого мозга, состоящего из (спереди назад) конечного мозга (telencephalon) и ствола мозга (truncus cerebri), включающего промежуточный мозг (diencephalon), средний мозг (mesencephalon), мост (pons), мозжечок (cerebellum) и продолговатый мозг (medulla oblongata). Ниже показан спинной мозг (medulla spinalis). Вместе конечный мозг, ствол мозга, спинной мозг и мозжечок образуют центральную нервную систему. Двигательные нервные волокна, проходящие на передней (вентральной) стороне спинного мозга, по которым нервные импульсы передаются к мышцам, и сенсорные волокна, расположенные на задней (дорсальной) стороне спинного мозга, по которым к спинному мозгу приходит вся сенсорная информация от кожи, мышц и суставов, здесь не показаны. В конечностях двигательные и сенсорные волокна идут вместе в виде периферических нервов, которые передают моторную и сенсорную информацию. Все нервные волокна, расположенные вне спинного мозга, относятся к периферической нервной системе. Часть периферической нервной системы образована автономными или вегетативными нервными волокнами (симпатическими и парасимпатическими), играющими роль в осуществлении вегетативных функций, таких как сердечные сокращения, расширение и сужение кровеносных сосудов, дыхание, секреция гормонов, пищеварение и регуляция температуры кожных покровов.

Рисунок взят из W. Spalteholz (1928) *Handatlas der Anatomie des Menschen*, Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Рис. 1–II. Ствол мозга и доли больших полушарий, виды слева и снизу



На втором сверху рисунке изображена левая конвексительная поверхность. На третьем рисунке изображено правое полушарие на сагиттальном разрезе мозга по средней линии. На четвертом рисунке показана базальная (нижняя) поверхность мозга. F — лобная доля (2 — лобный полюс), P — теменная доля, ее границы показаны пунктирными линиями, от лобной доли она отделена центральной или роландовой бороздой (черная линия на верхнем рисунке слева). T — височная доля (1 — височный полюс), которая от лобной и теменной доли частично отделена сильвиевой бороздой, O — затылочная доля. С — мозжечок, СС — мозолистое тело (на нижнем изображении на рис. 1–III). На рисунке 1–III показаны линии, разделяющие поле 4 и поля 1, 2 и 3.

Согласно российскому нейропсихологу А.Р. Лурия, мозг в целом можно разделить на три структурно-функциональных блока:

- Первый блок состоит из ствола мозга, среднего мозга и таламуса (верхний рисунок), которые преимущественно осуществляют регуляцию сна и бодрствования, а также уровня активации в бодрствующем состоянии. Ретикулярная формация (RF) — специализированная нейронная сеть в стволе мозга, имеющая связи со средним мозгом (восходящая ретикулярная активирующая система), которая выполняет функцию активации и первичной селекции стимулов, приходящих к стволу мозга через спинной мозг и от органов чувств (тактильные, зрительные и слуховые). Ствол мозга имеет также мощные связи с лобными отделами (F), расположенными впереди от центральной борозды (CS), то есть он оказывает влияние на внимание и сенсорную модуляцию¹.

- Второй (задний) функциональный блок состоит из затылочных (O), височных (T) и теменных (P) долей коры, на которые через таламус поступают сенсорные стимулы. Задний блок осуществляет последовательную (в левом полушарии) и симультанную (в правом полушарии) переработку информации, он осуществляет переработку данных непосредственного восприятия собственного тела, необходимых для построения схемы тела, и восприятия окружающего, что лежит в основе формирования концепции внешнего мира в долговременной памяти. На более поздних этапах восприятия (гнозис) мы также придаем окружающему определенные свойства. С помощью дорсальной перцептивной проводящей системы мы выясняем, где находится объект и как его можно использовать, а «что это» или «кто это» мы определяем с помощью вентральной перцептивной проводящей системы [1.4.3.]. Эти функциональные системы участвуют в программировании действий. Запечатление и узнавание связаны с функциями памяти лимбической системы [1.5.2.].

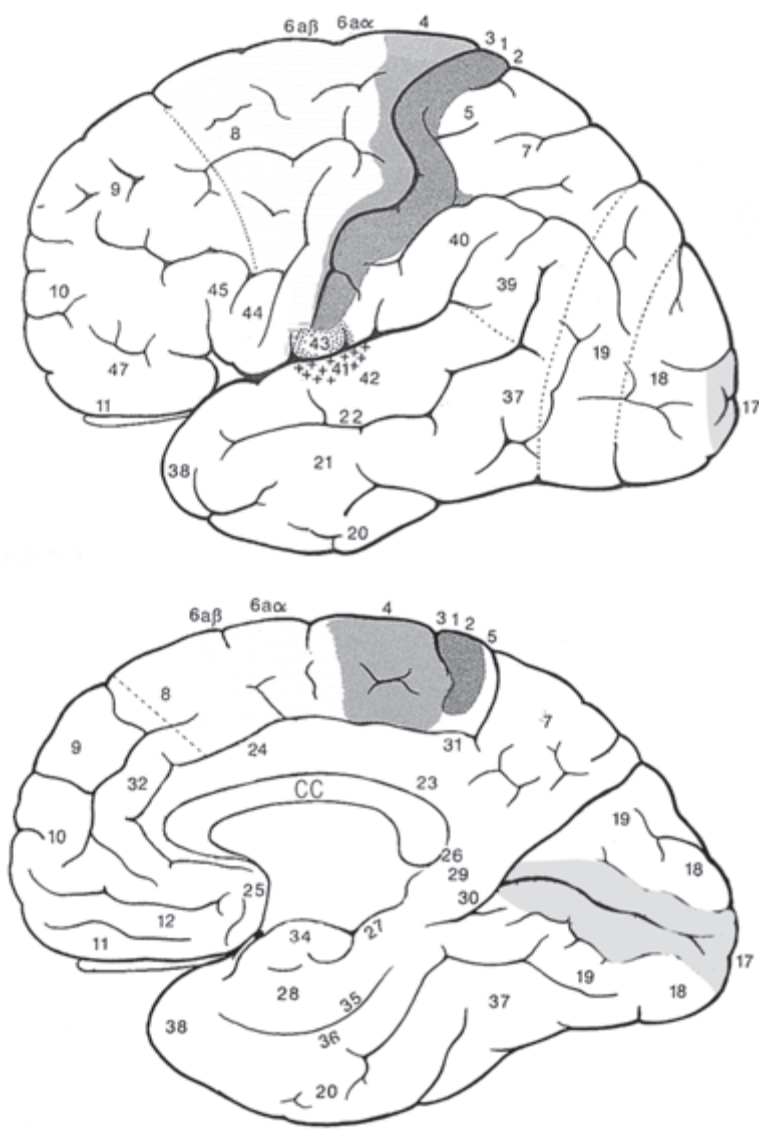
- Третий (передний) функциональный блок — та часть мозга, которая осуществляет управляющие функции (программирования, регуляции и контроля) — лобные доли (F). Лобные доли включают моторные и премоторные отделы, которые отвечают за двигательные функции, действия (праксис) и речь (фазис). Любая внешняя активность (ее начало, быстрые изменения, удержание внимания, продолжение и завершение) управляется посредством префронтальных зон коры (организующая функция в узком смысле этого термина), но под воздействием представлений и образов, хранящихся в долговременной памяти и процессов восприятия, включая эмоциональное содержание, связанных с работой заднего блока и лимбической системы. Эти отделы также отвечают за долговременное планирование, что подразумевает осознание того, сколько времени необходимо для выполнения определенной задачи. Показано, что лобные отделы как в филогенезе, так и в онтогенезе претерпевают наиболее бурное и длительное развитие.

Регуляция двигательной активности осуществляется с участием нескольких систем: 1) дорсальной системы восприятия зрительных стимулов — от затылочных долей к лобным моторным зонам через затылочно-лобные пути и вентральные затылочно-височно-лобные пути; 2) системы кинестетической обратной связи — через сенсорную мозговую кору и пути к моторным отделам коры; 3) механизмы регуляции позы, равновесия и мышечного тонуса. Эти механизмы автоматически регулируются корой, подкорковыми ядрами, мозжечком и вестибулярной системой с учетом поступающей зрительной и кинестетической информации.

До 1980-х годов о когнитивных функциях мозжечка было известно очень мало [см. раздел 1.4.1.].

¹ Сенсорная модуляция — способность регулировать и организовывать адекватные по силе и адаптивные реакции в ответ на сенсорные стимулы. Поддержание баланса между процессами возбуждения и торможения для достижения адаптации к изменениям внешней ситуации. — *Прим. перев.*

Рис. 1–III. Поля коры по Бродману (обозначаемые как ВА — поля Бродмана, англ. Brodmann Area)



На рисунке 1–III показано распределение кортикальных полей с нумерацией по Бродману. На верхнем рисунке показана конвексимальная поверхность левого полушария, на нижнем рисунке дан вид правого полушария при сагитальном разрезе мозга по средней линии.

Через проводящие пути органов чувств проецируются на соответствующие им первичные поля коры. Другими словами, в случае глаза нервные волокна от клеток сетчатки, собранные в зрительный нерв (*nervus opticus*), через средний мозг (таламус) проецируются на поле 17 затылочной доли. В случае уха нервные волокна волосковых клеток слухового органа, собранные в преддверно-улитковый нерв (*nervus acusticus*), через ствол мозга и таламус проецируются на поле 41 височной доли. Тактильная информация от периферии (кожные покровы и др.) по периферическим афферентным нервам через спинальные ганглии поступает в спинной мозг. Затем посредством спиноталамического пути и далее таламокортикального тракта эти рецепторы проецируются на теменную долю, то есть на поля, лежащие сразу за роландовой бороздой (постцентральные поля ВА 1, 2 и 3, на рисунке закрашены сплошным темным цветом). Эта первичная соматосенсорная кора обозначается S I. Все первичные кортикальные поля имеют связи с вторичными и третичными полями коры (S II), которые отвечают за осмысленное восприятие, то есть обеспечивают когнитивную интерпретацию или гнозис. Все это относится также к зрительному и слуховому восприятию и гнозису.

Первичная двигательная кора (моторная полоска) локализуется в передней центральной извилине кпереди от центральной борозды (поле ВА 4, закрашено светло-серым цветом). Здесь расположены центральные двигательные, или пирамидные, нейроны, которые посредством нисходящего пути (кортикоспинального, или пирамидного) иннервируют мускулатуру контралатеральных конечностей. Произвольная моторика представлена действиями и последовательностями действий — праксисом. Движения тела в основном контролируются премоторными отделами коры, и обеспечивающие их проводящие пути не пересекаются. Планирование как один из аспектов двигательного акта, основанный на представлении о достижении цели, регулируется премоторными отделами (преимущественно левого полушария), расположенными кпереди от моторной полоски. Отчасти эти поля и направляют движения, формируемые в моторной полоске. Поле ВА 6а является дополнительным моторным полем (SMA — supplementary motor area), а поле ВА 8 — глазодвигательным центром. Премоторные поля ВА 44 и 45 образуют центр Брока, отвечающий за экспрессивную речь и движения кисти.

Лобные поля получают информацию от теменных и нижневисочных отделов, имеющих отношение к движениям, и от височных слуховых зон, имеющих отношение к разговорной речи.

Контралатеральный и ипсилатеральный мозговой контроль перцептивных и элементарных двигательных функций

Соматосенсорная, зрительная и слуховая информация, достигая коры правого и левого больших полушарий, интегрируется с помощью каллозальных нейронов, аксоны которых идут слева направо и наоборот, что дает возможность формирования целостного восприятия. К моменту рождения каллозальные волокна еще очень слабо миелинизированы. Должны пройти годы, прежде чем межполушарная интеграция достигнет уровня окончательной зрелости [мозолистое тело см. в разделе 1.1.3.].

1.1.2. Для лучшего понимания организации двигательных и перцептивных функций важно учитывать, как эти функции связаны с мозгом (корпоральные связи) и с окружающим пространством (экстракорпоральные связи). Ниже приводятся примеры организации нескольких хорошо изученных рецептивных функций:

1. Когда наблюдатель смотрит прямо перед собой, левые половины полей зрения проецируются на правые стороны сетчаток обоих глаз. Нервные волокна от клеток правой части сетчатки идут через правый таламус в правую затылочную долю. От правых половин полей зрения информация передается к левой затылочной доле [рис. 1–IV].

2. Слуховые стимулы преимущественно передаются контралатерально; существуют также ипсилатеральные связи, а на уровне вторичной слуховой коры имеются каллозальные связи, соединяющие левую и правую слуховую кору [рис. 1–V] и {комментарий}.

3. Соматосенсорная система только частично проецируется контралатерально [см. рис. 1–VI]. Локомоторные акты, такие как ходьба или бег, регулируются спинальными центрами, и этот контроль носит произвольный, рефлекторный характер. В случае дисфункции периферического отдела соматосенсорной системы происходят нарушения походки. Характер походки задается соматосенсорной системой уже на спинальном уровне. Соматосенсорная информация поступает в центральные отделы параллельно по двум проводящим путям — по заднему канатику спинного мозга и медиальной петле (пути глубокой чувствительности — прим. научного ред.) и спиноталамическому пути, идущему через передние отделы боковых канатиков спинного мозга (пути поверхностной чувствительности — прим. ред.) [рис. 1–VI], при этом происходит частичное дублирование сенсорной информации. Соматосенсорная информация поступает в кору больших полушарий и мозжечок.

Рис. 1–IV. Проекция зрительных полей на контралатеральные поля коры



Зрительные нервы (n. opticus) идут от обоих глаз, неся информацию от сетчаток об обеих половинах полей зрения. Два зрительных нерва пересекаются в зрительном перекресте, после чего информация от каждой половины зрительного поля идет в кору большого полушария противоположной стороны. На этом рисунке показано, что если взгляд фиксируется на центральной точке, то предметы, зрительно воспринимаемые находящимися в правом зрительном поле, проецируются в левое полушарие и наоборот.

Правая часть изображения (черная) отображается на левых половинах сетчаток обоих глаз и в результате проецируется на кору левого полушария. Информация о левой половине изображения передается в правое полушарие. Таламус в качестве промежуточной структуры здесь не показан.

При тотальном поражении первичных полей затылочной доли одного из полушарий происходит выпадение половин зрительных полей для двух глаз с противоположной стороны — гемианопсия. Одностороннее поражение вторичных зрительных полей не приводит к гемианопсии, но в этом случае будет иметь место одностороннее игнорирование. Одностороннее игнорирование, в частности, возникает при поражении теменно-височных отделов правого полушария.

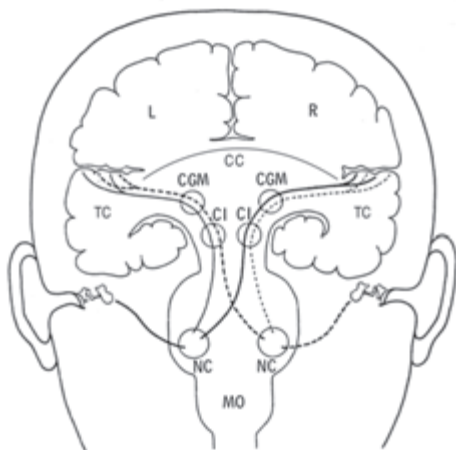
Принцип тахистоскопического одностороннего предъявления зрительных стимулов, применяемый в экспериментальной нейропсихологии, основан на такой контралатеральной проекции. Однако одностороннее предъявление осуществимо только в случае очень короткого экспонирования стимула — порядка 150 мс, при этом испытуемый не может быстро отвести взгляд в сторону и изменить направление фиксации взора.

Обычно при неврологическом исследовании гораздо больше внимания уделяют зрительным, слуховым и тактильным ощущениям, нежели восприятию запаха и вкуса. Эти ощущения относятся к филогенетически более древним, и их корковые представления менее изучены. Базовые вкусовые ощущения — это сладкий, кислый, соленый и горький. Вкусовые и обонятельные рецепторы рта и носа реагируют на химическую стимуляцию.

4. *Вкус и запах.* Вкусовая информация передается тремя парами черепных нервов — VII пара (лицевой нерв, та его часть, которая идет в составе барабанной струны), IX пара (языкоглоточный нерв) и X пара (блуждающий нерв). На уровне моста мозга волокна этих нервов объединяются в одиночный тракт [рис. 1–I], который затем разделяется на два пучка. Один из них идет к таламусу, а затем к полю S I теменной коры [рис. 1–XIV] и к полю S II — к коре островка (*insula*), которая, возможно, является исключительно вкусовой зоной мозга. Поле S I теменной коры, по-видимому, также участвует в переработке вкусовой информации. Другой пучок одиночного тракта идет к вкусовому ядру моста и затем в латеральный отдел гипоталамуса [рис. 1–I] и миндалевидный комплекс (*amygdala*) мозга [рис. 1–XXIII и рис. 1–XXIV]. Таким образом, вкусовая информация получает эмоциональную оценку и может предупреждать, например, об опасности. Есть люди, например некоторые аутисты, которые индифферентны к вкусовой информации [см. также функция миндалевидного комплекса при аутизме, раздел 1.6.]. Обонятельная информация передается по обонятельным нервам к латеральному обонятельному тракту и поступает в ипсилатеральную кору грушевидной извилины¹. Отсюда нервные волокна через дорсомедиальные отделы таламуса идут к орбитофронтальной коре. Еще один проводящий путь идет непосредственно от грушевидной коры к орбитофронтальной коре {комментарий}.

¹ Грушевидная кора — область коры на медиальной поверхности полушарий, включает крючок, порог островка и переднюю часть парагиппокампальной извилины. — *Прим. перев.*

Рис. 1–V. Слуховые стимулы проецируются преимущественно на височную кору противоположенного полушария (рисунок основан на иллюстрации из Popper и Eccles [364])



Слуховые проводящие пути от правого уха проецируются на первичные поля коры височной доли левого полушария, и наоборот. Однако имеются также ипсилатеральные слуховые пути и каллозальные связи (CC) между вторичными полями коры височных долей. Вот почему распределение правое ухо — левое полушарие и левое ухо — правое полушарие носит лишь частичный характер. Это играет важную роль при нейропсихологическом исследовании с применением дихотического прослушивания по методу Kimura. При этом через наушники на правое и левое ухо подаются различные серии слов.

У большинства людей показано доминирование правого уха (REA — right ear advantage), то есть испытуемые лучше воспринимали и воспроизводили слова, которые звучали справа. Это объясняется тем, что правое ухо имеет более интенсивные связи с речевыми центрами в левом полушарии, но тем не менее некоторое количество информации поступает в правое полушарие через мозолистое тело. У пациентов с «расщепленным мозгом»² REA носит более выраженный характер, поскольку передача информации в ипсилатеральное полушарие практически не происходит. CC — мозолистое тело; CGM — медиальное коленчатое тело таламуса; CI — нижний бугорок четверохолмия; TC — височная кора; NC — улитковые ядра; MO — продолговатый мозг.

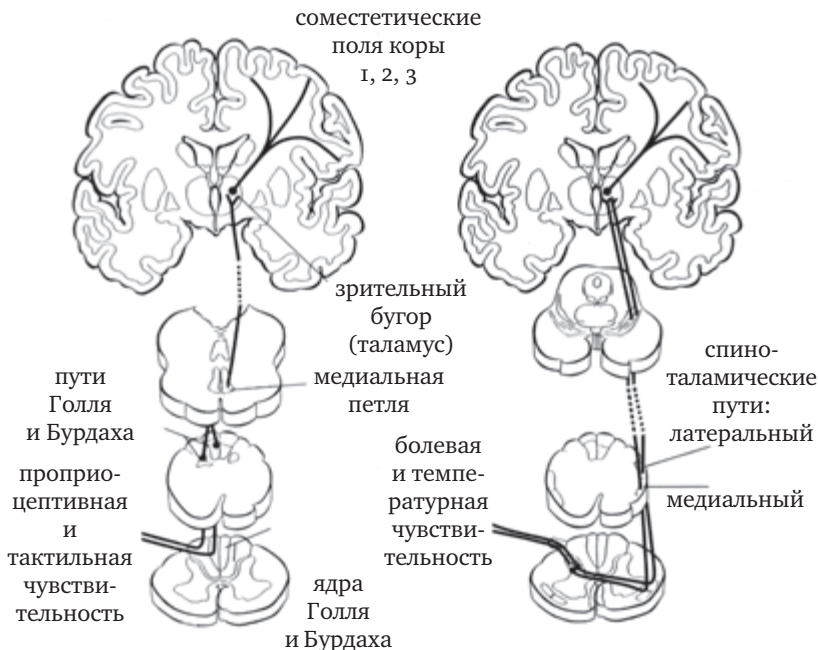
² После рассечения мозолистого тела. — *Прим. перев.*

Рис. 1–VI. Соматосенсорные проводящие пути, совершающие перекрест

Тактильные стимулы (связанные с движением и давлением, болевыми и температурными раздражениями) от кожи и суставов правой части тела проходят через дорсальные ганглии, расположенные по обеим сторонам спинного мозга. Отсюда часть аксонов идет к интернейронам спинного мозга, а часть в составе спино-таламического тракта направляется к коре левой теменной доли. Не все соматосенсорные афферентные проводящие пути совершают перекрест. Чувствительные волокна, связанные с проприоцепцией и осязанием, также идут к ипсилатеральной коре. Через задний канатик спинного мозга (пути Голя и Бурдаха) и систему медиальной петли [левый рисунок] передается информация, необходимая для восприятия сложных ощущений, таких как осязание, давление, дискриминантная чувствительность, вибрация, и в меньшей степени ощущение положения (позы), чувство направления движения суставов. Эта информация через интернейроны спинного мозга идет к таламусу и теменной коре контралатерального полушария головного мозга (ВА 1, 2, 3).

Афферентные волокна, связанные с болевой, температурной чувствительностью и ощущением давления и осязания перекрещиваются сразу после входа в спинной мозг и в составе бокового спино-таламического тракта [правый рисунок] направляются к теменной коре контралатеральной стороны, ВА 1, 2 и 3.

До сих пор остается некоторая неясность относительно того, какие именно сенсорные ощущения передаются по тому или иному проводящему пути. Информация от суставов и мышечных веретен также идет к мозжечку, управляющему движениями [раздел 1.2.2.].

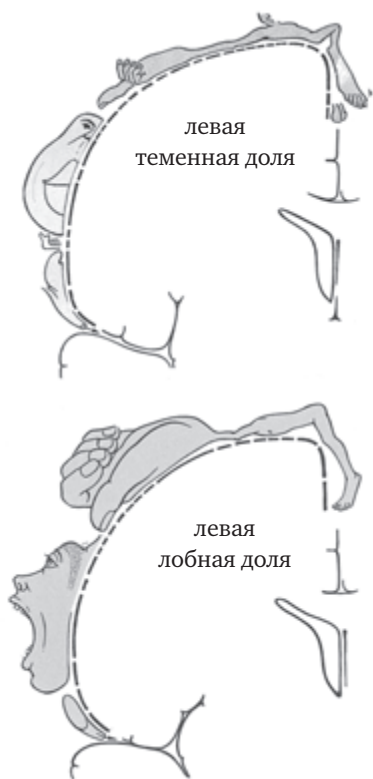


тактильная чувствительность: Кожа содержит большое количество рецепторов, которые регистрируют внешние воздействия, в том числе прикосновение и трение, различия между нажатием и продолжительным давлением, тепло, холод и болевые раздражения. Существуют терморецепторы и ноцицепторы (болевого рецепторы). Информация от всех рецепторов передается на соматосенсорную кору, расположенную за центральной бороздой, но интенсивность воспринимаемого сигнала может модулироваться, например, в зависимости от интенсивности внимания.

кинестетическая чувствительность: Проприоцепция обеспечивается рецепторами, которые воспринимают движение (кинестетические сигналы и вестибулярные сигналы от органа равновесия). Расслабление мышц и скорость их растяжения воспринимаются мышечными веретенами. Мышечные веретена функционируют не только пассивно, они влияют на мышечный тонус посредством афферентных воздействий через α -мотонейроны спинного мозга, на активность же самих мышечных веретен оказывают воздействие γ -мотонейроны. Через γ -мотонейроны ЦНС может оказывать не прямое воздействие на мышечный тонус, особенно во время формирования образа двигательного акта и подготовки к нему, а также, например, во время релаксации, при занятиях йогой и медитацией.

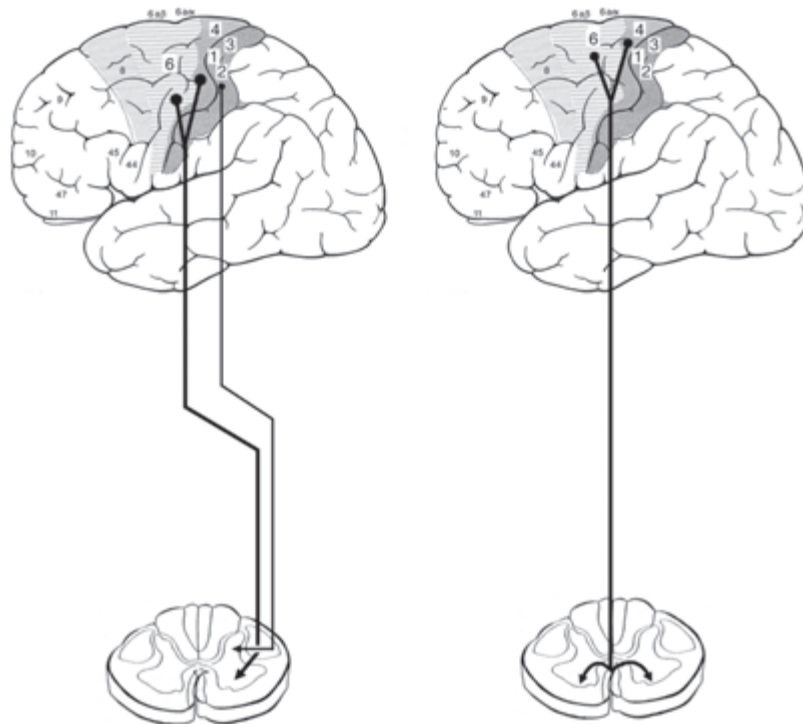
чувство положения обеспечивается суставными рецепторами. Ощущение усилия, с которым связано изменение напряжения в суставе, регистрируется рецепторами — сухожильными органами Гольджи, которые связаны с мышцами на уровне сухожилий. Сила сокращения регулируется благодаря сигналам, поступающим к α -мотонейронам, но мы не знаем, как осуществляется этот контроль на кортикальном уровне пирамидной системы и как модулируется мышечное напряжение за счет периферических афферентных сигналов.

Рис. 1–VII. Первичная сенсорная кора (ВА 1, 2, 3 левая проекция), первичная моторная кора (левая проекция ВА 4), перекрещивающийся латеральный пирамидный путь (внизу слева) и неперекрещивающийся передний пирамидный путь (внизу справа)



Из-за неравномерного перекреста пирамидного пути функции мышечного аппарата управляются из контралатерального полушария. Например, перекресту подвержены проводящие пути, иннервирующие дистальные группы мышц (пальцы и кисти рук). Центральные мотонейроны — пирамидные нейроны, расположены в поле ВА 4 (описание см. выше). Представление о классическом перекрещивающемся пирамидном пути можно составить из рисунка справа. Левая моторная кора (расположенная прецентрально, то есть впереди от центральной борозды) контролирует мышцы правой стороны тела, особенно это касается мышц дистальных отделов [рис. 1–III]. Контралатеральный ход нисходящих проводников от коры больших полушарий и восходящих к ней, связанных с мышечным аппаратом, чувствительностью и зрительными полями, объясняет, почему при одностороннем мозговом поражении на противоположной стороне страдают двигательные и чувствительные функции, а также выпадают половины полей зрения. В следующем разделе мы более подробно рассмотрим моторные функции и праксис.

На верхнем рисунке слева показан сенсорный гомункулус так, как он представлен в постцентральной извилине теменной доли — ВА 1, 2 и 3. На нижнем рисунке слева — двигательный гомункулус — соматотопическая организация пирамидных клеток в первичной моторной коре ВА 4 (впереди от центральной борозды — черной линии между светло-серой и темно-серой зоной на нижних рисунках). Лицо и руки занимают относительно большее место по сравнению с проекцией всего остального тела. Как следует из рис. 1–III, сходное распределение можно увидеть и в премоторной зоне, например в отношении центра Брока — ВА 43 и ВА 44.



На рисунках, расположенных выше, показаны первичная (ВА 4) моторная и вторичная (РМС или ВА 6) премоторная кора, находящиеся в прецентральных отделах, лежащих впереди от роландовой борозды. Слева показан латеральный пирамидный путь (левый рисунок, темная линия слева). Он идет от ВА 4/MI, SMA/MII и ВА 1, 2 и 3, проходит вдоль таламуса, совершает перекрест на уровне ствола и переключается на мотонейроны спинного мозга. На правом рисунке — неперекрещивающийся передний пирамидный путь, обеспечивающий моторную функцию проксимальных и аксиальных групп мышц. Пирамидный путь в основном начинается из премоторных отделов коры и в меньшей степени из поля ВА 4, а заканчивается на мотонейронах передних рогов спинного мозга, куда его волокна приходят либо напрямую, либо через ретикулярную формацию.

Мозолистое тело

1. Как показывают исследования близнецов, размеры мозолистого тела (СС) генетически детерминированы. Scamvougerals с коллегами [410] отмечают, что в 94% случаев диапазон толщины СС задается генетически.

2. Для подробного знакомства с нейроанатомией, структурой и организацией мозолистого тела и передней комиссуры, анатомическими аномалиями мозолистого тела и связанными с ними синдромами, а также с межполушарными процессами и их нарушениями мы отсылаем читателя к работе Ramaekers и Njikiktjien «Мозолистое тело у детей» [377], а также к ряду других работ [241, 261, 271, 520].

1.1.3. Связь между двумя полушариями обеспечивается межполушарными комиссурами, в особенности мозолистым телом (СС — corpus callosum) [рис. 1–VIII] — проводящей системой, состоящей примерно из 1000000 аксонов, идущих из одной половины мозга в другую, и такого же количества волокон, идущих в обратном направлении [119]. СС — самая большая комиссура, состоящая из передней части — клюва (rostrum), переходящего в малые (передние) щипцы (forceps (anterior) minor), из колена (genu), находящегося между стволом и клювом, и задней части — валика (splenium), волокна которого веерообразно входят в кору в виде больших (задних) щипцов (forceps (posterior) major) {см. комментарий 1}.

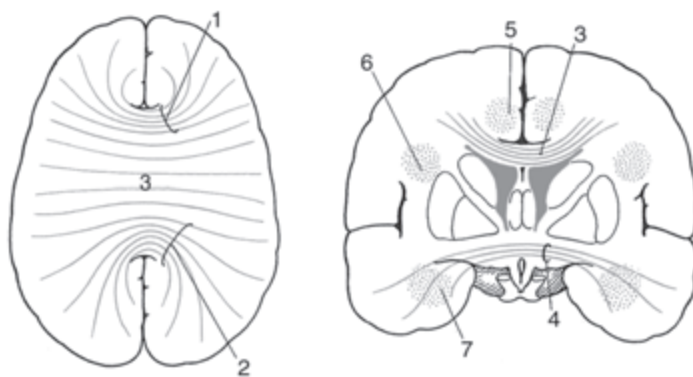
СС всегда можно хорошо рассмотреть на сагиттальном срезе мозга [см. рис. 1–III]. Хотя СС состоит исключительно из белого вещества, как показывает диффузная тензорная нейровизуализация, белое вещество мозолистого тела — неоднородно.

Мозолистое тело — это та структура, которая обеспечивает оптимальное совместное функционирование двух полушарий, особенно это относится к решению сложных когнитивных и моторных задач, видимо, в большей степени на стадии обучения, нежели при исполнении уже освоенных и автоматизированных операций. При осуществлении психических функций, как правило, задействуются способности обоих полушарий. При поражениях или агенезии мозолистого тела нарушения выражены слабо; функцию мозолистого тела могут брать на себя другие межполушарные проводящие пути. В процессе зрительного, слухового и соматосенсорного восприятия в кортикальных полях высшего порядка происходит интеграция информации, содержащейся в одном полушарии, с информацией, поступающей из другого полушария. Поскольку миелогенез длится в течение первых десяти лет, такая интеграция начинает проявляться в онтогенезе достаточно поздно. Поступающая извне информация, в зависимости от ее типа и слож-

На этом рисунке схематично изображены комиссуральные волокна на поперечном срезе: 1) передняя комиссура, 2) задняя комиссура и 3) волокна мозолистого тела. Они обеспечивают связь гомологичных вторичных полей левого и правого полушарий. Сбоку — на сагиттальном срезе — СС выглядит как изогнутый белый пучок волокон. На правом рисунке показано, как выглядят волокна мозолистого тела (3) на фронтальном срезе. Передняя комиссура (4), расположенная впереди от клюва мозолистого тела, здесь не видна. Спереди назад идут следующие пучки: верхний (6) и нижний продольные пучки (fasciculi longitudinales superior и inferior) (7) и поясной пучок (cingulum) (5).

Сагиттальную проекцию мозолистого тела смотрите на нижнем изображении на рис. 1–III, где дается вид мозга на срезе.

Рис. 1–VIII. Комиссуральные волокна — вид сверху и спереди



3. Константин Быков в 1924 году впервые в лаборатории Павлова показал, что у собак после каллозотомии исчезали условные рефлексы в ответ на раздражение кожи, приводящее к активации кортикальных полей, локализовавшихся гомологично в виде зеркального отражения по отношению к полям противоположного полушария, которые стимулировались на этапе формирования условного рефлекса.

Первые неврологи, проводившие в 1940-х годах каллозотомию на пациентах (van Wagenen, Akelaitis с коллегами), в результате клинических наблюдений и тестирования выявили очень немногие последствия такого вмешательства. Лишь после того, как Sperry с коллегами в 1960-х годах с помощью специальных нейропсихологических тестов провели исследование пациентов, прооперированных Voges и Vogel, стало ясно, какие задачи оказываются недоступными для таких пациентов. В 1981 году за эти исследования Sperry был удостоен Нобелевской премии.

4. Не так уж редко у детей с нарушениями развития отмечаются симптомы межполушарной дезинтеграции, но в результате дальнейших исследований с применением методов нейровизуализации у них не удается выявить какой-либо аномалии мозолистого тела. Njokiktjien [329] классифицирует такие симптомы межполушарной дезинтеграции как нарушение развития межполушарных связей. Эти симптомы, в частности, возникают из-за повреждений СС на этапе эмбриогенеза (асфиксия, токсические воздействия), влияющих на миелогенез в более позднем возрасте. Эти симптомы проявляются в моторной и когнитивной сферах, в сфере восприятия, в двучручной деятельности и могут быть выявлены только в результате тщательного нейропсихологического исследования (с помощью тестов на функции мозолистого тела).

ности, больше активизирует то или другое полушарие. Представляется, что СС играет роль в поддержании баланса этой активации. То же касается и исходящей информации, то есть речи и действий. Интерес к мозолистому телу (СС) среди специалистов по поведенческой неврологии существует уже более ста лет. Изначально этот интерес касался исключительно заболеваний взрослого возраста, таких как шизофрения и опухоли мозга, однако современные исследования этой проблемы распространяются и на нарушения развития [79]. Обсуждаемые вопросы, в частности, касаются влияния незрелости СС или межполушарного разобщения на ход процессов развития {комментарий 2}. Термин «межполушарное разобщение» относится к синдрому, который возникает, если связь между двумя полушариями формируется не самым оптимальным образом или же полушария оказываются вообще не связанными друг с другом, так что их совместная работа оказывается невозможной. Это может происходить в течение постнатального развития, в результате повреждения всех межполушарных связей (комиссуротомия) или же рассечения только мозолистого тела (каллозотомия), что приводит к синдрому «расщепленного мозга» {комментарий 3}. В относительно редких случаях это случается и в детском возрасте, когда после рождения ребенка происходит поражение мозолистого тела. Это может происходить и при врожденном частичном или полном отсутствии мозолистого тела, как в случае агенезии мозолистого тела; в силу компенсации такая дезинтеграция носит более избирательный характер по сравнению с теми случаями, когда расщепление возникает позднее {комментарий 3}. Функциональные расстройства в работе СС или же отсутствие или агенезия мозолистого тела играют роль в возникновении нейропсихологических нарушений {ссылки, приводимые в комментарии 4}.

Корковые и подкорковые функциональные системы

функциональная нейроанатомия. Движения головы и корпусом тела, связанные с работой аксиальных групп мышц, а также движения конечностей, связанные с работой проксимальных групп мышц, регулируются медиальной моторной системой [рис. 1–VII] при участии системы равновесия и поддержания баланса, то есть вестибулярных и мозжечковых механизмов и системы базальных ганглиев. Об аксиальном праксисе можно узнать из основного текста.

Обследование моторных функций и аксиального праксиса рассматривается в следующих разделах: в разделе 2.5.3. — исследование походки, в разделе 3.3.4. — исследование праксиса позы.

⇒ Исследование таких предпосылок праксиса, как соматогнозис и кинестезия, описывается в разделе 3.3.3.

⇒ Нарушения аксиального и постурального праксиса рассматриваются в разделе 4.5.6.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯМИ

1.2. Здесь рассматриваются некоторые аспекты организации регуляции моторных функций у взрослых и то, как она развивается от периода эмбриогенеза до 5–7 летнего возраста, и далее до полного созревания к 10–12 годам. Например, максимальная скорость проведения нервных импульсов в корково-спинальных путях достигается к 11 годам [249], а большинство моторных функций и праксис формируются к 9 годам или чуть позже.

Регуляция движений и действий не может строиться исключительно на основе соматосенсорной афферентной информации [рис. 1–VI] и {комментарий} или только исходя из временной организации моторного акта [раздел 1.5.3.].

Аксиальный праксис и диспраксия. Как отмечают Alexander с соавторами [5], в случае апраксии конечностей аксиальный праксис (например, танцевальные движения) был всегда более сохраненным, то есть в основе аксиального праксиса (ходьба, способность удерживать положение туловища, движения головы и плечами) лежат механизмы, отличные от механизмов праксиса рук. Они считают, что движения, обеспечиваемые аксиальными и проксимальными группами мышц, регулируются моторными системами лобных отделов левого полушария {комментарий}. Таким образом, можно предположить, что эти системы являются частью экспрессивного праксикона¹, и данная проекционная зона коры получает регулирующие сигналы от теменных отделов левого полушария, входящих в импрессивный праксикон [1.3.2.3.]. Freund и Hummelshheim [144] описывают двусторонние пути, идущие от ассоциативных полей лобной коры — премоторной коры (PMC). При двустороннем поражении этих зон коры оказывается невозможным выполнить точно синхронизированные круговые вращения двумя руками в сагиттальной плоскости. Нарушения становятся еще более заметными, когда необходимо выполнять такие движения поочередно. В некоторых случаях нарушения проявляются при попытке выполнить поочередные круговые движения ногами — «велосипед» {где искать информацию об обследовании, см. в комментарии}. Считается, что в управлении аксиальными группами мышц также участвуют зоны коры, лежащие около перешейка поясной извилины левого полушария [5].

Ходьбу также можно рассматривать как часть праксиса, особенно ее начало в отличие от автоматизированного завершения. Будучи произвольным действием, ходьба на носках также связана с функ-

¹ Согласно гипотезе Rothi, Ochira and Neilma, предложенной ими в 1991 году, в теменных отделах левого полушария хранятся репрезентации пространственной и временной организации освоенных (чаще предметных) действий — праксиконы (совокупность которых называют праксиконом). При передаче этих энграмм в премоторные отделы левого полушария они декодируются, а затем оформляются в осмысленные действия. Различают импрессивный праксикон (input praxicon), отвечающий за понимание и опознание действий, и экспрессивный праксикон (output praxicon), отвечающий за реализацию действий. — *Прим. перев.*

цией праксиса, еще в большей степени это касается ходьбы на пятках, а также переходов в положение сидя или лежа. Эти действия связаны с активностью лобных отделов. Ребенок, особенно в период освоения всех этих действий, испытывает некоторые затруднения при необходимости правильно их выполнить — до тех пор, пока они не становятся автоматизированными, что у разных детей может происходить быстрее или медленнее.

В лобных отделах можно выделить три зоны коры, обеспечивающие контроль аксиальных групп мышц, мышц конечностей, оральной мускулатуры, а также глазодвигательных мышц. Эти поля включают прецентральную первичную моторную кору (M I, BA 4 или моторная полоска), дополнительную моторную кору (SMA или M II) и премоторную кору (PMC или BA 6 и глазодвигательный центр — BA 8).

Медиальный путь (преимущественно неперекрещенный) берет начало из PMC и отчасти из BA 4. Латеральный путь (перекрещенный) начинается из BA 4, SMA и постцентральных полей BA 1, 2 и 3. Плавные движения обеспечиваются за счет согласованной работы латеральной и медиальной систем (рис. 1–IX и рис. 1–VII). Связи мозжечка и базальных ганглиев здесь не показаны. Они рассматриваются в разделе 1.2.2.

При выполнении действий с предметами к лобным отделам, как схематично показано на этом рисунке, поступает зрительная и кинестетическая информация от задне-теменных отделов (дорсальный перцептивный путь) и от базальных отделов височной коры (вентральный перцептивный путь) [о дорсальном и вентральном путях см. в разделе 1.4.3.]. Слухоречевая информация поступает по дугообразному пучку (*fasciculus arcuatus*). Зрительная информация от контралатерального зрительного поля поступает к ипсилатеральной затылочной доле через подушку мозолистого тела [61].

Рис. 1–IX. Неперекрещенный медиальный ретикуло-спинальный путь, обеспечивающий контроль проксимальных и аксиальных групп мышц (слева) и перекрещенный кортико-спинальный путь, идущий от правого полушария (справа)



Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru