

Моим учителям

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пролог	10
------------------	----

КАК УСТРОЕН НАШ МОЗГ

Глава 1. Что находится в основании мозга	18
Глава 2. Что находится выше мозгового ствола? Краткий путеводитель по строению мозга	41
Глава 3. Как все это работает.	67

КАК УСТРОЕНЫ ЗРЕНИЕ И СЛУХ

Глава 4. Как мы воспринимаем мир	86
Глава 5. Как устроено зрение	91
Глава 6. Как устроен слух.	116

КАК УСТРОЕНО ДВИЖЕНИЕ

Глава 7. Кто такой кортикальный гомункул и как он появился	141
Глава 8. Кто есть кто: как кора головного мозга управляет движениями	149

Глава 9. Почему так непросто сохранять непроницаемое лицо	160
Глава 10. Маленький мозг и большой мозг: баланс, координация, тайминг	165
Глава 11. Быть или не быть: как работают базальные ганглии	173

КАК УСТРОЕНА ПАМЯТЬ

Глава 12. История изучения памяти	194
Глава 13. Как работает гиппокамп	204
Глава 14. Жизненный цикл воспоминания	216
Глава 15. Сколько может запомнить человек?	233
Глава 16. Почему забывать важно?	236

ЧТО ПРОИСХОДИТ С МОЗГОМ, КОГДА...

Глава 17. Что происходит в мозге, когда он ничем не занят.	242
Глава 18. Что происходит, когда человек спит.	278
Глава 19. Что происходит, когда человек пьет кофе	306
Глава 20. Что происходит, когда человек выпивает алкоголь	335

ОГЛАВЛЕНИЕ	9
Эпилог	358
Бонус	364
Список источников	365
Предметный указатель	379

ПРОЛОГ

ПОЧЕМУ САМОУБИЙСТВА УДИВЛЯЮТ СИЛЬНЕЕ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

Голова — предмет темный
и исследованию не подлежит.

Цитата из к/ф «Формула любви»

В 2017 году в селе Целинном в Курганской области произошла трагедия: 40-летний сварщик был убит взрывом. На территории предприятия по строительству и ремонту автодорог, где он работал, сварщик обнаружил списанную гаубицу и решил проверить, может ли она стрелять. Он не придумал ничего умнее, чем наполнить огнетушитель карбидом¹ с водой и зарядить им гаубицу. Взрыв самодельного снаряда почти оторвал ему голову.

Надо сказать, дикие обстоятельства этой истории заинтересовали не только Следственный комитет и новостные сайты. Неудачливый сварщик-артиллерист из российской глубинки стал одним из победи-

¹ Карбид чрезвычайно бурно реагирует с водой, выделяя горючий ацетилен и тепло, поэтому эту смесь используют для сварки, а не наполняют ею огнетушители! — *Прим. авт.*

телей премии Дарвина в 2017 году¹. Компанию нашему соотечественнику составили другие, не менее достойные кандидаты: малазийский маг, сваривший себя заживо в гигантской сковороде с рисом и кукурузой во время ритуала очищения тела и души; две мексиканские девушки, решившие сделать селфи прямо на взлетно-посадочной полосе действующего аэропорта и убитые крылом приземляющегося самолета; грабитель, который решил пробраться в аптеку через крышу, по пути застрял и был задушен собственной одеждой, и еще десяток оригиналов, умудрившихся убиться разными необычными способами.

Г Средний вес человеческого мозга — 1,3 кг. Г

Люди замороженно читают истории победителей премии, недоумевая, как до такого вообще можно додуматься! Что происходит в головах у людей, когда они запихивают огнетушитель с взрывоопасной смесью в гаубицу или запирают себя в гигантской сковороде, стоящей на огне? Однако, если вдуматься, удивляет нас не изобретательность героев этих историй,

¹ Премия Дарвина — это ежегодная виртуальная антипремия, которую присуждают людям, погибшим самыми идиотскими способами. Таким образом, победители исключают свои гены из генофонда человечества, увеличивая шансы на выживание нашего вида в будущем (это официальный, хоть и не бесспорный критерий присуждения награды, описанный на сайте премии). — *Прим. авт.*

точнее, не только она. Изобретательностью мало кого удивишь: люди смогли додуматься до теорий эволюции и относительности, радиоэлектроники и рентгенографии, блокчейна и виртуальной реальности, разобраться в строении атома и устройстве космоса. Человечество умеет придумывать куда более невероятные штуки, чем селфи в смертельно опасных местах. Но мы все равно замороженно читаем о фатальных глупостях, которые совершают люди по всему миру, и поражаемся им намного больше, чем изящным научным теориям и прорывным технологиям. Почему?

Все дело в том, что мозг нужен в первую очередь для выживания. Слух, зрение и обоняние помогают мозгу понять, что происходит вокруг, и быстро сориентироваться, где может быть опасность, а где можно от нее укрыться. Мозг посылает команды мышцам и управляет руками и ногами (или лапами, крыльями и хвостом), чтобы добежать до укрытия и не угодить в лапы к хищнику. Память помогает мозгу хранить информацию о том, чем лучше питаться и куда отправиться, чтобы добыть себе пищу, как добраться до водопоя и где поджидают опасности. Животные обзавелись мозгом потому, что он повышает шансы избежать неприятностей и благополучно дожить до того момента, когда можно будет оставить свои гены потомкам, чтобы они потом передали эту эстафету дальше.

Конечно, дело не ограничивается только мозгом: поговорка «Сила есть — ума не надо» намекает на то, что в природе есть множество способов занять свое

место под солнцем. Кто-то пытается добиться своего силой, другие ставят на скорость («Сначала догони, потом убей»), броню или ядовитость — у каждого животного своя суперсила. Люди лишены мощных когтей, зубов и бронированных покровов, способных защитить от опасности; мы не умеем летать и не слишком быстро бегаем, мы великоваты, чтобы хорошо прятаться, и слабоваты, чтобы не приходилось этого делать.

Наше супероружие — разум. Люди анализируют ситуации и используют накопленный опыт, чтобы извлекать знания о том, как устроены вещи, а знания — чтобы решать проблемы и достигать своих целей. Человек не приспособливается к окружающей среде — он приспособливает ее под свои нужды. Мы заселяем пригодные и непригодные для обитания человека пространства и почти сразу создаем максимально комфортные для себя условия — с канализацией, отоплением, вайфаем и доской для мотивирующих стикеров.

К человеческому разуму прилагается еще одно незаменимое дополнение — речь. Люди не просто размышляют и накапливают знания, они обмениваются ими друг с другом. Информация — очень классная штука: делясь с другими, ты ничего не теряешь и можешь продолжать пользоваться ею дальше сколько угодно. Обмениваться знаниями очень выгодно: не обязательно самому совать руку в розетку, чтобы узануть, к чему приводит удар электрическим током. Мы можем пользоваться лайфхаками, придуманными кем-то еще, и избегать неприятностей, в которые вля-

пались другие, потому что нам рассказали об этом. Люди с интересом читают истории чужих несчастий, чтобы самим не угодить в беду.

Премия Дарвина — это подборка максимально нелепых историй, показывающих, что бывает, когда люди не задумываются о последствиях своих действий. И дело тут не в генах, а в банальном невежестве.

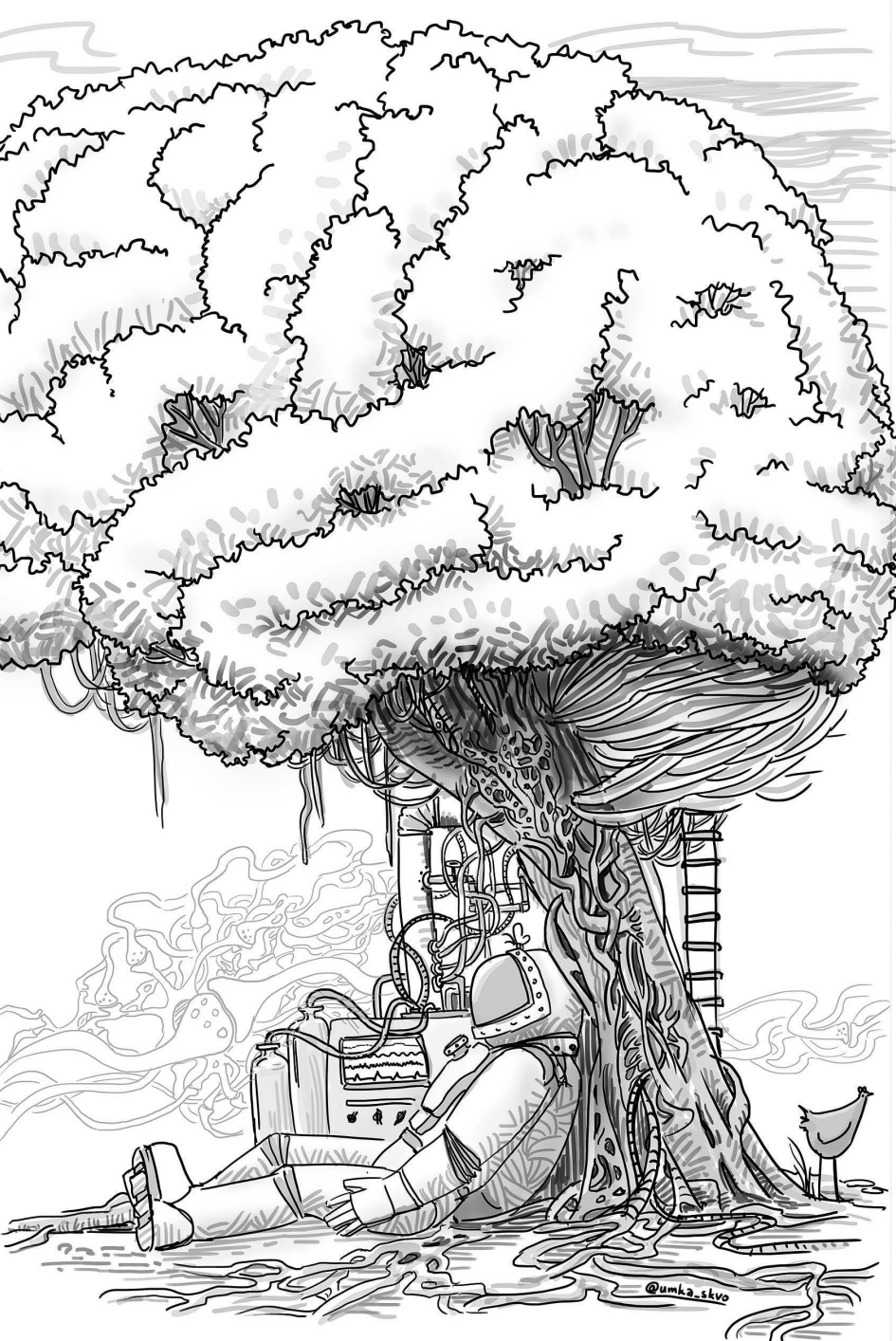
Обычно люди стараются прикинуть, к чему могут привести их действия, а если им не хватает информации, они стараются ее найти — самостоятельно или спрашивают тех, кому доверяют.

Знания бывают узкоспециализированными и универсальными: инструкции и рецепты объясняют, как действовать в конкретной ситуации, а универсальные знания — как вообще устроен мир. Такие знания помогают справляться с разными задачами, но требуют более широкого кругозора. Например, любители географии сориентируются без компаса на незнакомой местности, а зная биологию, человек не будет лечить вирус антибиотиками, предназначенными для бактериальных инфекций. Такие универсальные знания производит наука: с помощью наблюдений и экспериментов она проверяет, насколько работает то или иное объяснение и годится ли оно для предсказания явлений и процессов в будущем.

Наука отбирает полезные знания, которые помогают объяснять мир, и использует их в интересах человечества.

Лишь недавно наука разработала подходы, позволяющие исследовать человеческий мозг, не вскрывая череп, а еще технологии, способные добраться до любого нейрона в мозге животных и повлиять на его работу. Теперь нейробиологи ежегодно поражают людей новыми удивительными открытиями. Чтение мыслей, мозговые чипы, управляющие роботами, возвращение зрения и слуха — все это уже перебирается из области фантастики в сферу передовых нейротехнологий. И параллельно мы узнаем все больше о работе мозга. Наука помогает понять, как работает человеческий мозг, как мы воспринимаем мир и принимаем решения, какие процессы происходят за границами осознаваемого и как образ жизни и привычки влияют на наш мозг.

В этой книге я постаралась рассказать, как устроен мозг человека: чем заняты различные отделы внутри мозга, как мозг поддерживает процессы жизнедеятельности, каким образом в нем уживаются эмоции и холодный расчет, почему наше зрение иногда нас обманывает, как мы учимся новому и чем отличаемся от роботов и компьютеров. Надеюсь, что она поможет читателям лучше понять себя, разобраться с тем, как работает наша психика, увидеть особый смысл в таких простых, на первый взгляд, вещах, как сон и безделье, проникнуться сложностью и изяществом работы самого главного органа в человеческом теле, который делает нас людьми, — головного мозга.



КАК УСТРОЕН НАШ МОЗГ

ГЛАВА

1

ЧТО НАХОДИТСЯ В ОСНОВАНИИ МОЗГА

ЖИЗНЬ БЕЗ ГОЛОВЫ: КОГДА РЕАЛЬНОСТЬ ОКАЗЫВАЕТСЯ НЕВЕРоятНЕЕ ФАНТАСТИКИ

10 сентября 1945 года фермер Ллойд Олсен отрубил голову цыпленку, как делал сотни раз до этого. Обстоятельства произошедшего обезглавливания противоречивы: одни источники утверждают, что цыпленок был предназначен для семейного ужина, другие говорят, что он был одним из десятков цыплят для продажи на мясном рынке [1, 2]. Как бы то ни было, мы точно знаем одно: на этот раз топор фермера прошел немного выше, чем обычно, и после обезглавливания цыпленок убежал с места расправы (вообще-то такое часто бывает с курами).

Однако дальше случилось небывалое: Олсен оставил цыпленка на ночь в закрытой коробке и, когда на следующее утро вышел проверить, что с ним, обнаружил, что цыпленок все еще жив. Он спокойно переночевал, спрятав под крылом шею и то, что осталось от головы, и вроде бы совершенно не собирался помирать в ближайшее время.

Олсен дал необычному цыпленку имя Майк. Майк мог ходить и довольно ловко балансировать на жердочке, кроме того, он порывался кукарекать и чистить перья, но это уже выходило не так удачно. Заинтригованный фермер решил посмотреть, как долго сможет прожить цыпленок без головы. Он стал поить его через пипетку смесью воды с молоком и кормить, помещая зерна и червячков пинцетом прямо в пищевод Майка. Кроме того, Олсен регулярно удалял слизь.

Через неделю, когда стало ясно, что умирать в ближайшее время Майк так и не собирается, Олсен повез его в Университет Юты в Солт-Лейк-Сити. Ученые обследовали цыпленка и обнаружили, что основные системы жизнеобеспечения и рефлекторные центры в стволе головного мозга не были задеты, что и позволило Майку выжить.

Новость о случившемся быстро распространилась по местным газетам, а Олсен начал гастролировать с Майком, участвуя в представлениях бродячих цирков с необычным петухом. Олсен и Майк стали настоящими знаменитостями: их история и фотографии появились на страницах многих американских журналов. Умер Майк только через полтора года из-за случайности. По одной из версий, в трахею Майка ка-

ким-то образом попало зернышко, перекрыв доступ кислорода, и цыпленок задохнулся; по другой — трахею забила слизь, которую Олсен регулярно удалял, чтобы покормить цыпленка.



Он прожил без головы полтора года

* * *

Как же Майку удалось выжить? Лезвие топора не задело яремную вену, и цыпленок лишился лишь части головы: то, что было ближе к шее, включая ствол головного мозга, осталось невредимым. Кроме того, цыпленку еще раз крупно повезло: кровяной сгусток на отрубленной шее образовался достаточно быстро, предотвратив массивную кровопотерю, которая могла бы закончиться смертью птицы.

Курицы — довольно безмозглые птицы, у них в принципе нет извилин и вообще не так уж много

серого вещества выше уровня глаз — основная масса нервной ткани находится как раз в основании черепа.

Скорее всего, фермер удалил не более пятой части мозга Майка, оставив неповрежденными примерно 80% мозга по массе (и, как выяснилось, почти 100% по функционалу) [2].

Как известно, куры совершенно не отличаются сообразительностью и полагаются в основном на рефлексы и простые автоматические действия — этого достаточно, чтобы спать, ходить, находить в земле и клевать еду (тут Майку мешало скорее отсутствие клюва, а не мозгов), пытаться чистить перья (опять-таки не хватало клюва) и убегать в случае опасности.

Чтобы жить жизнью курицы, вовсе не обязательно иметь кору головного мозга — с большинством задач они справляются безо всякого обучения и мышления, полагаясь на врожденные программы поведения, «зашитые» на подкорке.

Самые важные для выживания и поддержания жизнедеятельности структуры расположены ближе к шее — они называются «ствол головного мозга».

КАК УСТРОЕН СТВОЛ ГОЛОВНОГО МОЗГА

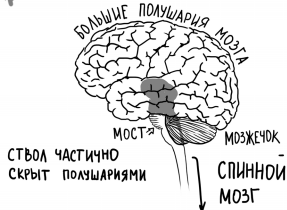
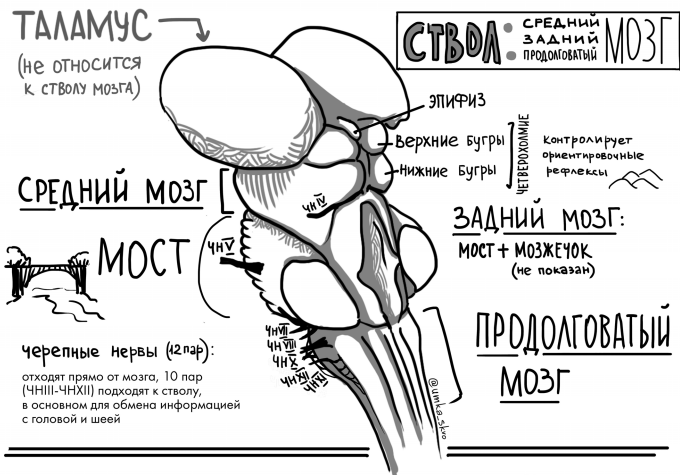
Хотя внешние очертания головного мозга по мере его развития меняются до неузнаваемости, в общем плане его строения есть практически неизменные характерные особенности, вне зависимости от того, чей именно мозг мы рассматриваем (конечно, если дело касается позвоночных животных). По иронии судьбы

у безголового Майка как раз уцелевшие отделы мозга были сравнительно похожи по строению на такие же отделы в человеческом [3]. С другой стороны, те части, которых лишилась эта очень везучая курица, у человека, наоборот, чрезвычайно разрослись и занимают внушительную часть общего объема — благодаря им мы гораздо умнее не только кур, но и более мозговитых шимпанзе, бонобо¹ и горилл.

Цыпленок Майк прожил полтора года без головы и умер лишь из-за досадной случайности.

Ствол мозга расположен в самом основании черепа: если смотреть снизу вверх, он идет от спинного мозга, спрятанного внутри позвоночника, и упирается в парную структуру — правый и левый таламусы (вместе с большими полушариями они относятся уже не к стволу, а к переднему мозгу). В стволе мозга происходит интеграция информационных потоков от головы к телу и от тела к голове, контроль основных жизненных функций, оценка общего состояния организма и поддержание нужного уровня бодрости. От ствола мозга отходят десять из двенадцати пар черепных нервов, которые в основном участвуют в обмене информации с головой и шеей, однако один из этих нервов — блуждающий — в том числе управляет работой гладких мышц в грудной клетке и брюшной полости.

¹ Карликовый шимпанзе. — Прим. ред.



Строение ствола головного мозга довольно схоже у птиц и людей

Если черепные нервы в основном соединяют мозг с головой и шейей, то большая часть сообщения с телом ниже шеи происходит через спинной мозг. Его можно представить как магистральное шоссе, соединяющее мозг с остальным организмом: через него проходят пучки афферентных нервных отростков (они сообщают отделам головного мозга о том, что

происходит с телом) и пучки эфферентных нервных волокон (передают информацию от мозга обратно к телу). Основную часть этих эфферентных путей составляют отростки мотонейронов, которые управляют мышечными сокращениями, — например, дирижируют мельчайшими сокращениями мышц пальцев, когда нам необходимо перелистнуть страницу книги или напечатать сообщение другу, или координируют мышцы ног, корпуса и рук, когда спортсмен пытается установить рекорд по прыжкам в высоту. Однако в спинном мозге есть и проводящие пути вегетативной нервной системы. Она управляет состоянием внутренних органов и кровеносных сосудов и настраивает режим работы организма: начиная от максимальной боевой готовности, необходимой спортсмену во время соревнований, вплоть до полной расслабленности и покоя, которые особенно хороши, когда нужно восстановить запас сил, переварить съеденную пищу или подремать.

Продолговатый мозг — ворота в головной мозг человека

Где именно заканчивается спинной мозг и начинается головной (продолговатый), определить не так-то просто. Никакой четкой границы нет: все выглядит так, словно спинной мозг постепенно утолщается и разрастается, плавно переходя в следующий отдел. Обычно границу проводят на уровне затылочного отверстия — там, где тяж нервной ткани выходит за пределы черепа. Немного выше на поверхности ствола уже появляются многочисленные отдельные парные «веточки» черепных (или черепно-мозго-

вых) нервов, о них мы поговорим чуть ниже. Продолжая сравнение с деревом, можно сказать, что «крона» головного мозга находится еще выше, скрывая от взгляда исследователя самую верхнюю часть ствола. По большому счету ствол мозга — это полноценная (и, как мы убедились, чрезвычайно важная) часть головного мозга. Даже небольшие повреждения на этом уровне грозят по-настоящему тяжелыми и трагическими последствиями, чего не скажешь о большинстве других отделов [4].

Мозговой ствол — это входные ворота практически для всей информации, поступающей в мозг. Через них же информация отправляется и в обратном направлении: от мозга ко всем органам и тканям.

Поверхность тела особенно богата всевозможными рецепторами, которые определяют температуру (терморепцепторы), силу натяжения или давления на поверхность кожи (механорецепторы) и всевозможные повреждения в тканях (болевые рецепторы). Механорецепторы есть не только на коже; специальные их типы расположены в стенках кровеносных сосудов, сердца и полых органов типа желудка (благодаря этому мы чувствуем тяжесть, когда съели слишком много). Механорецепторы в мышцах и связках помогают мозгу оценить, насколько напряжена каждая мышца и как они расположены относительно друг друга. Такие мышечные механорецепторы называются проприоцепторы — они очень важны для правильной

координации движений. Если канал связи между мозгом и проприоцепторами прерван, люди не могут нормально двигаться: они буквально теряют управление над мышцами, и те ведут себя довольно не предсказуемым для человека образом.

Фактически единственный орган, до которого мозг не дотягивает свои чувствительные нервные окончания, — это... он сам. Мы прекрасно ощущаем, если вдруг в нашем теле что-то «сломалось»: порезана кожа, сломана кость, воспален какой-то внутренний орган — на поверхности и в глубине организма расположены миллионы болевых рецепторов, которые следят за тем, чтобы все находилось в целостности и сохранности. Однако в мозге болевых рецепторов нет: именно это позволяет нейрохирургам проводить операции на открытом головном мозге, пока пациент находится в сознании, и не повредить ненароком важную его часть, удаляя опухоль, сосудистую аномалию или участок измененной ткани мозга, которая является причиной эпилептических приступов.

Как и на любой большой магистрали, потоки входящей и выходящей информации вдоль продолговатого мозга и далее вглубь ствола разведены. Сенсорная информация от тела к мозгу идет по тяжам нервных волокон, которые находятся ближе к спине и затылку, а двигательная — от мозга к телу, — наоборот, идет вдоль передней (брюшной) части ствола, расположенной ближе к лицу. Сигналы к мышцам переносят столько нервных волокон, что они образуют очень заметные вздутия на передней поверхности продолговатого мозга — их называют пирамидами. В пирамидах двигательные волокна от первичной мо-

торной коры правого и левого полушария перекрещиваются: кора справа управляет мышцами слева, и наоборот. Различные типы волокон, соединяющие тело с мозгом, перекрещиваются в разных точках вдоль оси нашего тела: такое положение вещей помогает неврологам правильно определить место поражения в нервной системе с помощью оценки того, как нарушается подвижность и чувствительность в разных частях тела пациента.

Помимо того, что продолговатый мозг служит точкой транзита для внушительных потоков информации, которой тело и мозг постоянно обмениваются, у него есть и собственные очень важные задачи.

В продолговатом мозге расположены центры, отвечающие за множество автоматических процессов и рефлекторных реакций. Они обеспечивают правильную работу многих процессов, необходимых для постоянства внутренней среды. Множество небольших скоплений нервных клеток в основании мозга непрерывно следят за тем, как сокращается наше сердце, как идут процессы газообмена — сколько в крови кислорода и углекислого газа, какое сейчас кровяное давление. Если что-то идет не так, центры в продолговатом мозге немедленно запускают рефлекторные реакции, призванные поправить положение дел. В крови не хватает кислорода и много углекислого газа? Будем дышать чаще и глубже. Хемочувствительные клетки регулируют не только дыхание и сердцебиение, но и могут запускать рвотный рефлекс, если в крови появляется что-то подозрительное (это очень разумно, учитывая, что самый простой способ отравиться — это съесть что-нибудь ядови-

тое или протухшее). Кроме нейронов, запускающих рвотный рефлекс, здесь находятся группы нейронов, управляющих другими защитными реакциями: кашлем, чиханием и глотанием.

Правому и левому полушариям мозга дельфинов приходится спать по очереди, иначе дельфин задохнется.

Все эти процессы запускаются без каких-либо сознательных усилий — во-первых, внимание лучше занять более интересными вещами, а во-вторых, все это слишком важно, чтобы сделать произвольным: если человек отвлечется и не успеет вовремя закашляться, когда в трахею что-то попало, он рискует умереть от удушья. Или, например, представьте, что нам приходилось бы сознательно контролировать каждый вдох и выдох от рождения до самой старости — мягко говоря, безрадостная перспектива (особенно с учетом того, что примерно треть жизни мы вообще проводим в «отключке» — во сне — и ничего не можем сознательно контролировать).

Мост и мозжечок

Выше продолговатого мозга начинается следующий отдел — это задний мозг, где расположены мост и мозжечок. Мост — это что-то вроде большого транспортного узла, через который проходит множество нейронных отростков: снизу вверх, сверху вниз, слева направо и справа налево. В основании моста

вдоль ствола лежит кортикоспинальный тракт — нервные волокна, которые идут от моторной коры, управляющей сознательными движениями, к спинному мозгу — сверху вниз. Кроме того, в поперечном направлении через мост идет часть проводящих путей, соединяющих правую и левую части мозга.

Особенность работы нашего мозга в том, что левое полушарие отвечает за движение и чувствительность правой половины тела и наоборот. Мост (наряду со спинным и продолговатым мозгом) служит одной из тех точек, где нервные волокна от нейронов, управляющих движениями мышц или несущих информацию от них, пересекают срединную линию, соединяя противоположные половины тела и головного мозга. На уровне моста двигательная информация, которую подкорковые двигательные отделы отправляют вниз к телу, меняет сторону движения на противоположную. В глубине головного мозга есть множество отделов, помогающих моторной коре управлять телом. Они формируют экстрапирамидную систему (в отличие от пирамидной, которая отвечает за сознательные движения), а также берут на себя управление автоматическими действиями и следят за мышечным тонусом, а моторная кора контролирует действия, совершаемые произвольно.

Мозжечок получает собственные копии информации, отправляющейся от мозга к телу и от тела к мозгу. Он сравнивает «желаемое» (то, какое движение нам хотелось бы совершить) с «действительностью» (тем, какое движение мы на самом деле совершаем), вносит коррективы в двигательные команды и управляет свои «пожелания и предложения» в первич-

ную моторную кору и спинной мозг, управляющие мышцами.

В отличие от больших полушарий, полушария мозжечка контролируют движения именно со своей стороны тела: когда мы делаем что-то правой рукой, нашими движениями управляют правая половина мозжечка, но левая половина двигательной коры больших полушарий. Двигательный контроль в мозге осуществляется в буквальном смысле наперекосяк, по несколько раз пересекая срединную линию между правой и левой половинами мозга.

Мозжечок находится как раз сверху над мостом, отделенный от него четвертым желудочком — это самая нижняя из полостей мозга со спинномозговой жидкостью. У мозжечка, словно у жучка, есть три пары ножек — верхние, средние и нижние (а у большого мозга, как и у человека, ножек всего одна пара). Ножки состоят из белого вещества — проводящих волокон, связывающих мозжечок с другими отделами нервной системы, которые управляют движениями, формируя потоки входящей и выходящей информации. Нижние и средние ножки работают на вход, то есть несут информацию от спины и мозгового ствола и от коры головного мозга, соединяя мозжечок с мостом; верхние ножки работают на выход: отправляют обработанные в мозжечке сигналы обратно к другим отделам в среднем мозге, таламусе и больших полушариях.

Как известно, мозжечок играет ключевую роль в координации движений (об этом мы поговорим в разделе про движения). Тем не менее задачи моз-

жечка не ограничиваются только ролью дирижера, который каждое мгновение следит за тем, насколько сокращена или расслаблена каждая из нескольких сотен мышц в нашем теле. Мозжечок важен для переключения внимания между слуховыми и зрительными стимулами, а еще он во многом отвечает за наше восприятие времени.

Отделы заднего мозга координируют позу и осанку, помогают нам быстро вернуть потерянное равновесие. Кроме движений тела, нейроны заднего мозга управляют мимикой и речью, а также многими рефлекторными движениями глаз. Например, когда мы смотрим на пейзаж, проносящийся за окном поезда, наши зрачки чрезвычайно быстро перемещаются из стороны в сторону, позволяя фиксировать отдельные детали в зрительном поле. Такие быстрые неосознаваемые рефлекторные движения глаз называются саккадами. Они помогают нам фокусировать взгляд и не терять ориентацию, координируя между собой движения корпуса, шеи и глаз, когда мы активно движемся и одновременно следим за другими перемещающимися объектами.

В мосту, как и в продолговатом мозге, есть свой центр, контролирующей дыхание. Он координирует вдохи и выдохи с другими автоматическими движениями типа жевания и глотания, блокируя вдох, когда пища отправляется из ротовой полости в пищевод. Еще в заднем мозге находится центр, управляющий парадоксальным сном (с быстрыми движениями глаз), — об этом мы поговорим подробнее в разделе о сне.

Средний мозг

Средний мозг — самая высокоуровневая из структур мозгового ствола. Верхняя часть среднего мозга называется крышей; но состоит она не из черепицы, а из холмиков (или бугров). Всего бугров четыре: нижняя пара занимается слуховыми сигналами, верхняя — зрительными. Четверохолмие на крыше мозга играет важную роль в ориентировочных рефлексах: благодаря этим структурам мы можем быстро определить источник новых и заметных сигналов — обернуться на шум или перевести взгляд туда, где замигала лампочка. Особенность этих ориентировочных рефлексов в том, что они происходят без участия сознания. Люди, потерявшие зрение из-за повреждений зрительной коры, тем не менее фиксируют взгляд на неожиданной яркой вспышке света, хоть и не осознают того, что что-то увидели. Все потому, что зрительная информация достигает верхних холмиков независимо от зрительной коры.

Еще выше четверохолмия находится эпифиз — так называемый третий глаз. Он маркирует верхнюю границу между таламусом и стволом, снизу граница проходит вдоль зрительного тракта. Эпифиз чувствителен к световому режиму — тому, когда и сколько света мы видим в течение дня.

В темноте эпифиз вырабатывает мелатонин, который работает как мягкое снотворное, синхронизируя суточные ритмы активности с режимом освещения.

В среднем мозге полость четвертого желудочка сужается и формирует узкий канал со спинномозговой жидкостью под крышей мозга — водопровод. Крыша мозга — это его «потолок», а «пол» этого канала

выстилает покрывка мозга. Она состоит из ядер для третьего и четвертого черепных нервов, которые как раз управляют движениями глаз, и представляет собой часть ретикулярной формации (см. ниже).

Отделы среднего мозга участвуют в управлении движениями глаз: они особенно важны для вертикальных движений зрачков, а также контролируют их размер, позволяя глазу адаптироваться к темноте или яркому свету. Здесь также есть центры, связанные с позой и локомоцией. Можно сказать, что все отделы ствола мозга контролируют положение нашего тела в пространстве, но каждый из них играет свою особую роль. Например, повреждения продолговатого мозга могут нарушить чувство равновесия — человек в этом случае постоянно раскоординирован и теряет баланс, мучаясь от головокружений. Повреждения на уровне среднего мозга тоже нарушают контроль положения тела, но в этом случае человек скорее будет принимать ненормальные, но стабильные позы, не теряя равновесия.

В глубине среднего мозга есть небольшой канал для спинномозговой жидкости — это водопровод (или Сильвиев водопровод). Спинномозговая жидкость омывает мозг, поддерживает нужный водно-солевой баланс и снабжает нервные клетки всем необходимым (например, в ней содержатся нейроэндокринные факторы, необходимые для нормальной работы нервных клеток), а еще она работает канализацией, отводящей от нервных клеток продукты жизнедеятельности и токсины. Закупорка этого канала чревата гидроцефалией, то есть избыточным накоплением жидкости в мозге, увеличенным внутрисече-

репным давлением и другими неприятностями. Кроме того, вокруг этого канала сосредоточена важная группа нервных клеток — центральное серое вещество (ЦСВ).

В центральном сером веществе есть нейроны, производящие естественные анальгетики мозга — энкефалины, способные регулировать восприимчивость к боли. Например, очень важно снизить болевую чувствительность, когда предстоит схватка с врагом или бегство от хищника: в таких напряженных условиях все силы и внимание необходимо сосредоточить на противнике — отвлекаться на ссадины и царапины, когда убегаешь от собаки или отбиваешься от хулигана, не только глупо, но и опасно. Когда угроза уйдет, можно будет оценить размер ущерба, а пока погоня или драка не окончены, надо сделать все возможное, чтобы выстоять и оказаться в безопасности.

Г **Внутри мозга нет рецепторов, поэтому операции**
на мозге нередко проводят в сознании —
человек ничего не чувствует. **Г**

Еще центральное серое вещество активно участвует в управлении разными формами защитного поведения. От того, какие клетки активны внутри ЦСВ, критически зависит наша реакция на угрозу. Как известно, есть те, кто в момент опасности скорее мобилизуется и бежит/дерется, а есть те, кто при встрече с угрозой застывает на месте и не способен пошевелиться. Так вот, когда у нас неприятности, активную

жизненную позицию обеспечивают нейроны ЦСВ, расположенные сверху и по бокам от канала со спинномозговой жидкостью, а вот за паралич воли отвечают нейроны снизу (чуть ближе к месту соединения со спинным мозгом). В такой реакции на опасность тоже есть свой смысл: иногда «прикинуться ветошью» и переждать гораздо разумнее, чем кидаться наутек, гарантированно привлекая к себе внимание врага. К сожалению, когда дело доходит до выбора стратегии поведения, древние структуры в продолговатом мозге руководствуются своей внутренней логикой и совершенно не прислушиваются к тем доводам, которые появляются на следующих уровнях иерархии. Как бы мы ни убивались по поводу того, что не смогли пошевелиться от страха, когда надо было отважно кинуться в схватку (ведь правда на нашей стороне), скорее всего, в следующий раз по-настоящему серьезная буря эмоций опять отключит доводы разума, предоставляя управление горстке нейронов в самой глубине мозга [5].

Ретикулярная формация

Вдоль всего ствола мозга проходит ретикулярная формация — это нервная ткань, в которой нейроны и их отростки расположены хаотично, а не упорядоченными группами и отходящими от них пучками, как в остальном мозге [6, 7]. Это придает нервной ткани сетчатую структуру: «ретикулярный» и переводится с латыни как «сетчатый». Ретикулярная формация объединяет части продолговатого мозга, моста и среднего мозга в единую систему, идущую от спинного мозга к таламусу. Она способна менять режим

работы всего организма, регулируя уровень бодрости и концентрации внимания, которые человек способен проявить.

Ретикулярная формация проходит через сердцевину ствола мозга и получает информацию от всех сенсорных и двигательных систем и отделов мозга, расположенных неподалеку. Это одна из древних систем выживания, которая координирует рефлексы и простые формы поведения, она задает ритм сердечных сокращений, управляет чередованием вдохов и выдохов, контролирует темп выполнения простых стереотипных движений.

В ретикулярной формации находятся группы клеток, вырабатывающие важные нейромедиаторы — ацетилхолин и моноамины серотонин, дофамин и норадреналин. Они связаны с мотивацией, настроением, энергичностью, возбуждением. Здесь же расположены группы нервных клеток, контролирующие пульс, артериальное давление и пищеварение, восприятие боли, частоту и глубину дыхания (когда мы не следим за вдохами и выдохами), положение и перемещение тела в пространстве, напряженность мышц, режим сна и бодрствования. Кроме того, координируются процессы, способные по первому тревожному сигналу быстро перевести человека в режим боевой готовности: только что человек клевал носом, развалившись на диване, не мог сосредоточиться на книге, но вдруг страшный грохот в соседней комнате слов-

но переключает невидимый тумблер. Человек тут же вскакивает, напряженно оглядываясь: сон как рукой сняло, сердце бешено стучит, все внимание поглощено тем, что же случилось за дверью. Такую неспецифическую реакцию на неожиданные и заметные внешние стимулы обеспечивает как раз активирующая система внутри ретикулярной формации.

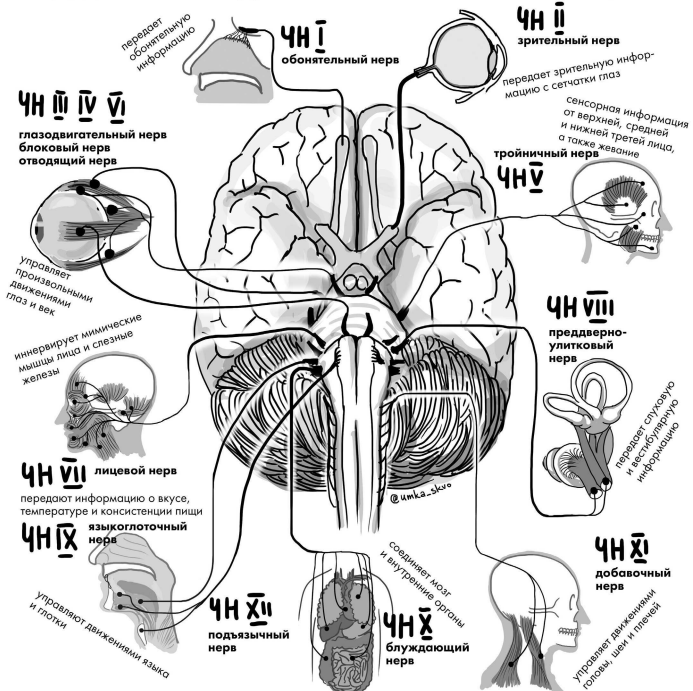
Черепные нервы

Все черепные нервы, за исключением первых двух пар — обонятельного и зрительного, — входят в мозг на уровне мозгового ствола [5]. Черепные нервы — обязательный пункт программы для студентов, изучающих нейробиологию: во-первых, через них мозг получает информацию от органов чувств: обонятельный, преддверно-улитковый и зрительный нервы несут информацию о запахах, звуках и том, что происходит в поле нашего зрения, а отдельные части лицевого, языкоглоточного и подъязычного нервов отвечают за вкусовое восприятие. Кроме того, через черепные нервы мозг управляет мышцами головы и шеи. Благодаря этому мы можем не только жевать, показывать язык и улыбаться, но и переводить взгляд с объекта на объект, а еще крутить головой и пожимать плечами. Единственная белая ворона в дружной семье черепных нервов, контролирующих голову и шею, — это блуждающий нерв. Он тоже берет на себя некоторые «головные» функции — иннервирует глотку и гортань, собирая сенсорную информацию и передавая обратно двигательную. Однако самые длинные его отростки уходят далеко вниз, к органам грудной клетки и брюшной полости: он

успокаивает пульс, расслабляет кровеносные сосуды и активизирует пищеварение, когда организм переключается из режима «бей и беги» в режим «отдыхай и переваривай».

Черепные нервы оканчиваются в ядрах — специализированных группах клеток, которые получают или отправляют информацию по своим нервам. Ядра,

ЧЕРЕПНЫЕ НЕРВЫ (12 пар):



расположенные в стволе мозга, чрезвычайно важны для нормальной работы всех черепных нервов, за исключением обонятельного.

БАБОЧКА, ЗАПЕРТАЯ В СКАФАНДРЕ

«Скафандр и бабочка» — это название книги, которая вышла во Франции 7 марта 1997 года. Ее автор, Жан-Доминик Боби, диктовал текст рукописи в течение многих месяцев, будучи запертым в собственном теле [4].

Боби работал главным редактором журнала Elle до декабря 1995 года, когда в результате обширного инсульта в области ствола головного мозга он впал в кому. Через 20 дней он пришел в сознание, однако обнаружил, что не может пошевелиться — повреждения в области моста привели к полному двигательному параличу. Инсульт разъединил верхнюю часть ствола и переднюю часть мозга с тем, что располагалось ниже: нижней частью ствола, спинным мозгом и остальным телом. Помимо того что Боби не мог пошевелить телом, он не был способен жевать и глотать и за 20 недель потерял 27 кг. Единственное, чем Боби мог управлять произвольно, были движения левым глазом.

Несмотря на тяжесть своего состояния, Боби полностью сохранил высшие нервные функции: он продолжал чувствовать и мыслить, мучительно переживая то, что теперь бабочка его разума заперта в скафандре тела, управлять которым он больше не мог.

Инсульт в области моста частично повредил способность Боби ощущать свое тело и лицо, но не до конца: он чувствовал онемение, покалывание и жгучую боль в отдельных частях тела.

Жан-Доминик Боби хотел поделиться с миром своей историей. Используя для связи с миром единственную возможность произвольного движения — моргание глазом, — Боби смог надиктовать текст своей книги с помощью ассистентки. Она диктовала буквы французского алфавита, а Боби моргал, когда слышал нужную ему букву.

«До тех пор мне никогда не доводилось слышать о мозговом стволе. В тот день я совершенно неожиданно обнаружил для себя эту основную деталь нашего бортового компьютера, неизменную связующую нить между мозгом и нервными окончаниями, когда сердечно-сосудистое нарушение вывело вышеупомянутый ствол из строя. Прежде это называли кровоизлиянием в мозг, и от этого попросту умирали. Развитие реанимационных технологий усовершенствовало кару. Выжить можно, но при этом получишь то, что англосаксонская медицина и окрестила как раз *locked-in syndrome*: парализованный с головы до ног пациент замурован в собственном теле, он мыслит, но этого не видно, и единственным средством общения становится левый глаз, которым человек может моргать» [8].

Спустя два дня после выхода своей книги Жан-Доминик Боби умер от пневмонии. Его книга стала бестселлером: она была издана в 30 странах миллионными тиражами.

Полтора года жизни, уготованные безголовому цыпленку Майку, сохранившему невредимым ствол и лишившемуся передних отделов мозга, и полтора года жизни, которые суждено было прожить писателю Жану-Доминику Боби после повреждений в стволе, разительно отличались — как отличаются и задачи тех отделов, что поддерживали в них эту жизнь.

2

ГЛАВА

ЧТО НАХОДИТСЯ ВЫШЕ МОЗГОВОГО СТВОЛА? Краткий путеводитель по строению мозга

Рассказ о мозге невозможен без знакомства с терминологией. Если мы хотим научиться ездить на автомобиле, неплохо бы отличать капот от багажника, пассажирское кресло — от кресла водителя, выучить, где находятся педали тормоза, газа и переключения передач, а также названия и смысл деталей, рычагов и кнопок, которые придется использовать водителю. Иначе инструктор просто не сможет объяснить нам, как всем этим пользоваться.

С мозгом примерно так же: наша психика устроена очень сложно, а мозг «оборудован» множеством важных штук, отвечающих за те или иные процессы.

Задачи, кажущиеся простыми, решаются благодаря сложным процессам внутри мозга, большинство из которых мы даже не осознаем.

Казалось бы, чего проще — узнать знакомого в толпе людей; найти нужный подъезд в незнакомом районе по сбивчивым описаниям родственников; сразу понять, что сегодня не стоит заводить разговор с начальником о повышении зарплаты или пройти по бордюру в обход лужи, перескочив по пути особо грязный и скользкий участок, и не потерять равновесия. Однако все это процессы невероятной сложности — разработчикам компьютеров не удается добиться таких высот от роботов, хотя те могут мгновенно вычислить корень четвертой степени из ста сорока семи или извлечь из памяти файл, загруженный на жесткий диск семь с половиной лет назад (и даже выдать список всех файлов, созданных или измененных в тот день).

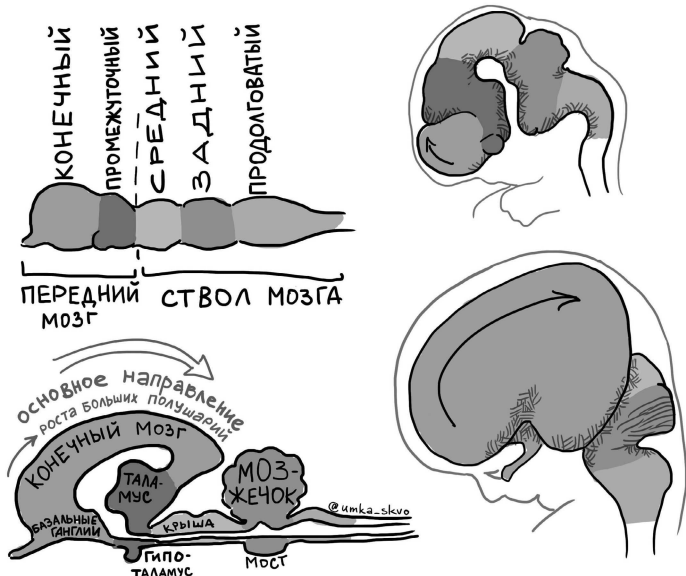
В общем, наш мозг — удивительный и сложный орган, который умеет справляться с невероятным разнообразием хитроумных задач (хоть они и кажутся нам заурядными и простыми). Чтобы в самых общих чертах описать, как устроен и работает наш мозг, нужно для начала знать названия основных частей и отделов, о которых пойдет речь дальше¹.

¹ Надо сказать, что знание анатомии мозга — ценный навык и полезный маркер/признак, который помогает хотя бы примерно оценить компетентность человека, рассуждающего о мозге. Когда я зарегистрировалась на «Клубхаусе» и стала ходить по разным тематическим комнатам, где обсуждали психологию и связанные с ней темы, обратила внимание на то, что большинство «экспертов», назидательно рассказывающих

Общее устройство мозга отражает процессы его формирования. Наша нервная система состоит из головного и спинного мозга и множества нервных волокон, которые соединяют их со всеми органами и тканями. У зародыша нервная система изначально закладывается как бороздка из складок кожи на спине. Этот желобок углубляется, а затем окончательно погружается в толщу тела и становится нервной трубкой, дающей начало спинному мозгу, расположенному в глубине позвоночника. В полости этой трубки находится спинномозговая жидкость, которая очень важна для нормальной работы нервной системы.

Наш головной мозг развивается из системы пузырей на конце нервной трубки — она сложным образом сворачивается и изгибается внутри зародыша,

что-то про нейробиологию, в 99 случаях из ста говорят просто «мозг», «Наш мозг хочет», «Мозг решает», «Мозг знает», «Мозг управляет», «В мозге то», «В мозге это». На мой взгляд, человек, который хотя бы немного понимает в нейробиологии, будет более конкретен в описаниях: «Префронтальная кора не может пересилить лимбическую систему, и вы идете на поводу у эмоций», «Миндалина сигнализирует об опасности, и вы не можете перебороть страх собеседований», «Кора переутомлена, и базальные ганглии включают режим автопилота, вот вы и забываете зайти в магазин после работы». Такие объяснения тоже упрощения, далекие от точного описания нейробиологических процессов, но все же знание анатомии мозга увеличивает шансы, что человек перед вами более компетентен и примерно понимает, как работает мозг. Это как если человек говорит вам о поломке машины, но не может уточнить, где находится неисправность и какие детали, скорее всего, придется заменить, вы вряд ли поверите, что он автомеханик: вероятно, он обычный профан, и вряд ли стоит всерьез воспринимать его советы. — *Прим. авт.*



поскольку места в голове не так уж и много. Но если мысленно выпрямить развивающийся головной мозг, можно разобраться, к каким отделам относятся разные его структуры. У человека конечный мозг разрастается особенно сильно — это то, что мы называем большим мозгом или большими полушариями мозга. По мере развития большого мозга почти все остальные его отделы прячутся под «шапкой», к тому же еще изгибаются вслед за направлением роста, образуя систему дуг и арок (это можно заметить на картинке на предыдущей странице). Полости со спинномозговой жидкостью внутри пузырей образуют желудочки головного мозга.

Спереди на конце нервной трубки формируется пузырь (точнее, сразу несколько, расположенных один за другим): это «заготовка» для будущего головного мозга. Постепенно его форма усложняется, а по бокам формируются все более сложные отростки. Передний отдел разрастается особенно сильно, вырастая сначала вверх и немного загибаясь назад, — именно так закладывается и начинает расти головной мозг. Однако отделы, расположенные под покровом конечного мозга, не так уж сильно отличаются у людей по сравнению с другими млекопитающими. Чем ближе к спинному мозгу, тем больше сходство в строении и работе отделов мозга.

Г Через мозговой ствол курсирует
значительная часть информации,
передаваемой от мозга к органам. **Г**

Общий принцип строения головного мозга позвоночных животных можно описать так. В центре у основания головного мозга расположены самые древние отделы, которые появились в эволюции раньше всего и отвечают за простые автоматические процессы и формы поведения. Ближе к конечным отделам по мере продвижения к поверхности мозга появляются все более сложные отделы, тут выше изменчивость в строении и назначении — это те отделы, которые появляются в эволюции намного позже и во многом обеспечивают специфические для каждого вида задачи [1].

Неровная и бугристая, изрезанная бороздами и извилинами часть, которую иногда принимают за собственно мозг, — это все-таки лишь одна из частей нашего головного мозга. Неудивительно, что ее называют большим мозгом (как бы противопоставляя маленькому мозгу — мозжечку). Снаружи большой мозг покрыт корой — серым веществом толщиной несколько миллиметров, в котором «сидят» тела нервных клеток, в то время как их длинные отростки образуют белое вещество¹ под поверхностью коры. Кора большого мозга разделена на два полушария — правое и левое. Они соединены крупными пучками проводящих путей, через которые оба

¹ Белый цвет белому веществу придает миелин — это что-то вроде изоляции на электрических проводах, только эта изоляция обязательно имеет прорехи (перехваты Ранвье) и образована специальными клетками, оборачивающимися вокруг нервных отростков. Окруженные миелином нервные волокна быстрее распространяют сигнал, который мгновенно перескакивает с одного открытого участка (перехвата Ранвье) на другой, вместо того чтобы медленной волной распространяться вдоль отростка, как это происходит с немиелинизированными нервными волокнами. Такой же принцип использовали китайцы для передачи сигналов вдоль Великой Китайской стены. Вместо того чтобы отправлять гонца с сообщением на многие километры пути вдоль стены, строители оборудовали ее сигнальными башнями: когда кто-то из охранников замечал какую-то угрозу, в ближайшей башне немедленно зажигали огонь, его замечали в соседних башнях, и там тоже появлялись огни. За несколько десятков минут сигнал тревоги распространялся на сотни километров вдоль всей стены. Перехваты Ранвье работают чем-то вроде сигнальных башен, только сигнал они распространяют не огнями, а перепадами электрического напряжения на мембране (потенциалами действия).

полушария обмениваются информацией, — это мозолистое тело.

Хотя большинство людей не задумываются о том, что еще есть в головном мозге, кроме двух больших полушарий, «под покровом» большого мозга скрывается множество других очень важных структур. Не все, что находится под поверхностью коры, относится к белому веществу, которое только проводит информацию, — внутри есть «начинка» из серого вещества, разделенная на множество мелких и крупных включений. Такие скопления тел нервных клеток обычно компактно расположены и называются подкорковыми ядрами. Каждая пара ядер внутри мозга — по одному справа и слева — выполняет собственные задачи, образуя сети с другими подкорковыми структурами и участками коры.

Весь мозг представляет собой гигантскую сеть распространения и обработки сигналов, состоящую из десятков миллиардов узлов — отдельных нейронов, сгруппированных в разных отделах подкорки и коры в соответствии с теми задачами, которые они выполняют.

Вообще говоря, именно подкорковые ядра чрезвычайно важны для многих ключевых задач, которые решает мозг, обеспечивая наше выживание и жизнедеятельность. А кора, в свою очередь, отвечает за все наши чисто человеческие функции, которые разительно отличают нас от животных. В коре есть участки, где формируются речь, арифметические

навыки, умение читать и способности к абстрактному и логическому мышлению. Кора головного мозга (неокортекс) обеспечивает прежде всего обучение новому.

Тем не менее оказалось, что жить можно и без коры головного мозга (правда, в этом случае речь идет не о людях, а о братьях наших меньших — зверях с более просто устроенным неокортексом). В первой половине XX века ученые проводили эксперименты на животных, изучая, как в мозге формируются условные рефлексы и где происходит обучение. В этих экспериментах крысам, кроликам и собакам полностью удаляли кору с поверхности головного мозга, а после восстановительного периода изучали их поведение. Оказалось, что звери вполне способны выжить и прожить довольно долгое время после того, как им полностью удалили кору [2]. Все потому, что базовые программы поведения, включая рефлексы, стандартную повседневную активность и даже мотивацию и настроение животных, кодируют подкорковые структуры мозга.

ЧТО НАХОДИТСЯ ВНУТРИ ПОЛУШАРИЙ БОЛЬШОГО МОЗГА?

**Промежуточный мозг: таламус,
гипоталамус, гипофиз**

В основании больших полушарий лежит промежуточный мозг, чью основу составляют таламус и гипоталамус. Это небольшая отдельная часть в составе переднего мозга наряду с конечным — к нему как

раз относятся большие полушария и еще несколько структур внутри них.

Мозговой ствол, о котором мы говорили в предыдущем разделе, сверху упирается в два овальных таламуса. Они расположены практически в самой сердцевине мозга и соединяют органы чувств (кроме обоняния) с другими его отделами.

Таламус — своеобразный информационный центр управления внутри переднего мозга [3]. Почти вся информация от органов чувств (за исключением запаховой) сначала попадает в таламус, проходит там начальную обработку и сортировку и только после этого отправляется в свой отдел коры головного мозга. Обоняние — единственное исключение из правил: обонятельные луковицы, отвечающие за вкусы и запахи, относятся к лимбической системе (о ней мы еще поговорим подробнее) и отправляют информацию непосредственно к обонятельной коре в обход таламуса.

**Нейронаука умеет исследовать
человеческий мозг, не вскрывая череп.**

Внутри таламуса находится два десятка различных ядер, каждое из которых отвечает за свой набор задач. Часть ядер работает в основном с внешней информацией от органов чувств, другие участвуют в двигательном контроле, есть отделы, соединяющие друг с другом различные участки коры больших полушарий. Что происходит с информацией, которая по-

пала из таламуса в кору? После обработки она опять поступает в таламус, и он вновь оценивает ее, выделяя в огромном сенсорном потоке сигналы, на которые сейчас стоит обратить внимание, и отсеивая те, что пока можно проигнорировать.

Внутри таламуса работает что-то вроде фильтра — он помогает переключать внимание с одного потока информации на другой: например, если нам наскучил разговор и мы стали разглядывать симпатичную картину на стене, таламус «прикручивает тумблер» для звуковой информации и пропускает в первую очередь зрительную информацию, которая сейчас нам важнее и интереснее.

Когда мы замечаем, что кто-то в обсуждении называет наше имя, таламус опять переключает фильтры входящей информации в прежний режим, мы забываем про картину и снова включаемся в беседу.

Фактически таламус играет важнейшую роль в том, куда будет направлен фокус нашего внимания, что именно достигнет осознания и послужит пищей для размышлений.

Под таламусом расположены гипоталамус и гипофиз — они связывают мозг с эндокринной системой, управляя выработкой большинства гормонов.

Гипоталамус — это небольшая зона мозга возле основания таламуса (спереди и книзу от яйцевидного таламуса). Он тесно связан с остальными зонами в среднем и переднем мозге и состоит из множества

мелких ядер, каждое из которых специализируется на том или ином аспекте нашего поведения или работы внутренних органов.

Гипоталамус контролирует постоянство внутренней среды организма и запускает инстинктивные программы¹ и потребности, когда нам требуется восстановить ресурсы.

В крови мало сахара? Гипоталамус активирует центры голода. В кровотоке избыток солей? Надо подключить центры жажды, чтобы восполнить недостаток воды в организме. Специальные центры в гипоталамусе следят за температурой тела и кровяным давлением, аппетитом, жаждой, уровнем активности.

Ядра гипоталамуса играют важную роль, когда речь заходит о сексуальном возбуждении или нужно запустить материнский инстинкт.

Клетки гипоталамуса важны и для грудного вскармливания, и для формирования нежной привязанности и заботы между родителем и ребенком.

Одним словом, гипоталамус следит за тем, чего нам сейчас остро не хватает, и старается сделать так,

¹ Инстинктами в строгом смысле считают врожденные сложные программы поведения, характерные для животных, но отсутствующие (или почти отсутствующие) у людей. Однако те же древние структуры, отвечающие за инстинктивное поведение у других позвоночных, есть и в нашем мозге. У людей они не запускают строго определенные действия, но заставляют человека испытывать эмоциональное возбуждение и потребность сделать что-то, чтобы удовлетворить то или иное внутреннее устремление: сблизиться с человеком, в которого влюбился, позаботиться о своих детях, постоять за себя в случае угрозы и т.п. — *Прим. авт.*

чтобы в организме было достаточно воды и питательных веществ, поддерживались постоянная температура и кровяное давление, чтобы мы могли эффективно справляться с задачами выживания и размножения — короче говоря, чтобы все было в порядке и работало как следует.

Одна из главных задач гипоталамуса заключается в управлении небольшой железой прямо под ним — это гипофиз, который следит за тем, как и когда в организме вырабатываются гормоны.

Гормональная регуляция для поведения не менее важна, чем мышечный контроль: гормоны действуют намного медленнее, но позволяют скоординировать режимы работы всех систем органов, обеспечивая слаженную деятельность всех систем организма.

А еще гипоталамус контролирует реакцию «бей или беги», которая проявляется, когда нам угрожает опасность, — выделяющиеся здесь вещества регулируют выработку гормонов в эндокринной системе и помогают всем органам скоординироваться и переключиться в режим боевой готовности. К сожалению, гипоталамус и система ответа на угрозу не слишком разбираются в том, какая именно опасность нам угрожает.

Тысячи лет назад наши предки при встрече с медведем или тигром спасались только благодаря эндокринной системе: выделявшийся адреналин разгонял пульс, помогал поднять кровяное давление и давал энергию для работы мышц, чтобы древние люди смогли спастись от хищника, а кортизол готовил организм на тот случай, если неприятности продлятся дольше, чем хотелось бы. Теперь тигры и медведи

сменились недовольными начальниками или контрагентами, но эндокринная система, управляемая гипофизом, работает все так же на случай, если мы все же решим сбежать от нагоняя (к сожалению, обычно такое решение только усугубляет проблемы, а не помогает их решить).

Гипофиз регулирует работу желез внутренней секреции — щитовидной железы, надпочечников и половых желез, а еще в нем контролируются процессы роста, обмена веществ и работа почек.

Эпифиз

Эпифиз — это непарный вырост между таламусами и четверохолмием. Он тоже относится к промежуточному мозгу и иногда появляется в литературе и интернете под громким и интригующим названием «третий глаз». У такого названия есть вполне солидные основания: у наших позвоночных предков эпифиз действительно работал как самый настоящий светочувствительный орган, и прямо над ним в костях черепа образовывалось специальное отверстие, чтобы свет мог попадать туда напрямую [4]. Да и сегодня существуют отдельные виды рыб, амфибий и рептилий, у которых эпифиз сохранил ту же роль. Правда, самый известный пример третьего глаза — теменной глаз живой ископаемой ящерицы гаттерии — это вырост парапинеального органа, который у ящериц находится по соседству с эпифизом.

Надо сказать, что и у нас эпифиз в определенном смысле работает как светочувствительный орган. Правда, теперь световые сигналы попадают туда не напрямую через кожу и дырку в черепе, а от сетчатки глаз через сложную систему соединений между нервными клетками. На пути к эпифизу информация об освещенности в какой-то момент покидает головной мозг и оказывается в шейном ганглии спинного мозга и только оттуда, наконец, попадает в конечную точку — бывший третий глаз, а теперь железа, которая регулирует циклы сна и бодрствования, стараясь сделать так, чтобы люди спали по ночам, а днем вели активный образ жизни. В темноте эпифиз вырабатывает мелатонин — он проявляет мягкий снотворный эффект и контролирует другие гормоны, выработка которых зависит от времени суток, включая гормон роста, половые гормоны, гормоны надпочечников и щитовидной железы [5].

Базальные ганглии

Снаружи и немного спереди от таламусов расположены базальные ганглии — это целая сеть ядер, образующих между собой сложные взаимосвязи и соединяющихся с таламусом и корой больших полушарий. Это центр принятия решений — сюда сходятся все потоки информации, которую нужно учитывать, и они преобразуются в некое решение — то, что мы будем делать и как себя вести исходя из того, что вокруг творится и чего нам сейчас хочется [6].

Базальные ганглии важны для двигательного научения — здесь находится что-то вроде библиотеки пове-

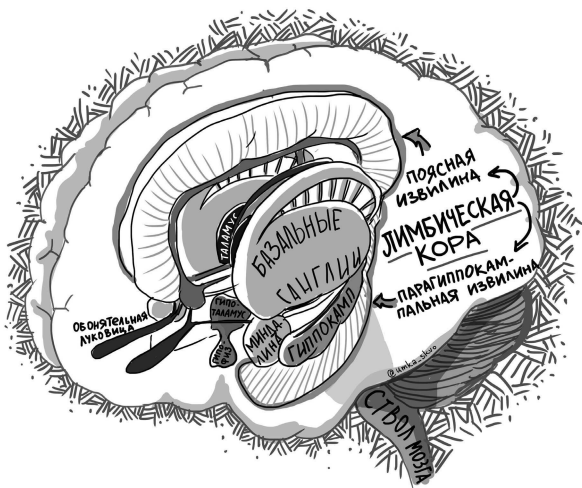
денческих программ на те случаи жизни, с которыми мы частенько сталкивались в прошлом [7]. Если нам постоянно нужно выполнять одни и те же действия, например по пути из дома на работу, довольно скоро в базальных ганглиях сформируется «автопилот», который проведет человека из офиса домой даже тогда, когда он ужасно устал или потрясен до глубины души: пока мы заняты тем, что нас беспокоит, базальные ганглии позаботятся о том, чтобы четко выполнить стандартную программу действий, не отвлекая внимание человека от того, что его заботит.

Мозг запускает и контролирует множество неосознаваемых процессов, например дыхание, сердцебиение, кашель и глотание.

Вокруг базальных ганглиев оборачивается еще одна система отделов мозга — лимбическая. Она важна для мотивации и эмоций и управляет базовыми (инстинктивными) формами поведения, направленными на утоление голода и жажды, проявление базовых эмоций типа страха или ярости. Эта же система заведует сексуальным поведением и формирует основу родительских инстинктов — эти поведенческие программы играют ключевую роль в эволюции и естественном отборе, и в их реализации задействована целая сеть довольно древних структур, обеспечивающих продолжение рода, — поиск сексуальных партнеров и заботу о детях, пока они не станут достаточно самостоятельными.

Лимбическая система

Если постепенно двигаться от основания мозга к его поверхности, к коре больших полушарий, мы увидим любопытную закономерность. В то время как отделы на поверхности мозга в основном участвуют в осознаваемых процессах и ощущениях, многими из которых мы можем произвольно управлять, то по мере погружения внутрь будут встречаться все менее контролируемые и осознаваемые [1].



В глубине мозга находится множество чрезвычайно важных отделов, которые помогают нам принимать решения и берут на себя множество задач, причем о существовании некоторых из них мы даже не догадываемся.

Многие решения мозг принимает, не донося до сознания человека, благодаря этому мы можем ехать

на велосипеде, не задумываясь о том, как двигать руками и ногами и сохранять равновесие, или можем моментально отпрыгнуть в сторону и только после этого осознать, что на тропинке перед нами грелась змея. Еще структуры в глубине мозга отвечают за поддержание гомеостаза и наше эмоциональное состояние, помогают учиться и формировать воспоминания — многие важные отделы центральной нервной системы спрятаны от взгляда наблюдателя, если он смотрит на мозг снаружи. На картинке на стр. 49 показаны самые заметные и важные из подкорковых структур промежуточного мозга (таламус, гипоталамус, эпифиз), базальных ганглиев и лимбической системы, а также две извилины, формирующие лимбическую кору.

Головной мозг занимает почти 95% объема черепа.

В глубине коры больших полушарий расположена лимбическая система: она отвечает за эмоции — наше настроение и переживания, за то, что мы чувствуем, а не за то, что воспринимаем или думаем. Структуры, которые к ней относятся, расположены по кромке вдоль более древних структур, образуя дугу — отсюда и название «лимбическая система» (от лат. *limbus* — граница, край). Сюда относятся несколько участков коры, но основа лимбической системы — это подкорковые отделы мозга: миндалевидные тела, таламус и гипоталамус, гиппокамп, свод мозга и еще несколько не таких заметных структур.

Миндалины и гипоталамус — главные по эмоциям; любые воздействия на них приводят к нарушениям эмоционального поведения. Например, люди без миндалины почти не различают эмоции на лицах других людей и сами практически никогда не испытывают страха или тревоги. С гипоталамусом еще сложнее: здесь осуществляется контроль не только за эмоциями, но и за внутренней средой организма, гормонами, температурой тела, аппетитом, голодом, жаждой и пищевым поведением, так что повреждения гипоталамуса чреваты крайне серьезными последствиями для здоровья. Даже небольшие нарушения в работе гипоталамуса могут обернуться серьезными эмоциональными проблемами — раздражительностью, тревожностью, скачками настроения, усталостью и апатией, проблемами с сексуальным возбуждением, циклом сна и бодрствования.

Наши переживания многих базовых потребностей, всевозможных типов удовольствия, влюбленности и любви, симпатии и привязанности к близким зависят от гипоталамуса, как и переживания неудовольствия и страданий, ярости, страха и ненависти. А еще гипоталамус контролирует уровень бодрости и играет ключевую роль в реакциях на стресс.

Гиппокамп расположен в мозге прямо за миндалиной, он отвечает прежде всего за пространственное восприятие и формирование памяти. Хотя его сложно отнести к структурам, отвечающим за эмоции, все

же благодаря связи гиппокампа с лимбической системой мы лучше всего запоминаем те вещи, которые произвели на нас впечатление и оставили сильный эмоциональный отклик, — не важно, приятными были эти воспоминания или тяжелыми.

Лимбическая система контролирует поведение, в котором проявляется влияние инстинктивных программ, глубинных эмоций и сильнейших внутренних импульсов. Сюда можно отнести сексуальное поведение и щемящее чувство любви к близким, страх и ярость, удовольствие и азарт. Промежуточное положение лимбической системы между более глубокими и поверхностными уровнями проявляется в том, насколько мы можем контролировать свои эмоции — в сравнении с тем, как контролируем собственные мысли. Чаще всего (хоть и не всегда) мы можем определить, какие чувства испытываем, но управлять ими не так-то просто. Если же человека захлестывает буря эмоций, он обычно теряет рассудок — рациональные части мозга, расположенные снаружи, теряют управление, его перехватывают более древние иррациональные структуры, и мы действуем импульсивно, по велению чувств.

Левое полушарие мозга отвечает за управление и чувствительность правой стороны тела, и наоборот.

Участки коры, которые относят к лимбической системе, иногда выделяют в отдельную лимбическую долю — по большому счету это не доля, а изогнутая

и немного заворачивающаяся дуга. Сверху эта дуга проходит как раз посередине между двумя полушариями — ровно над местом их соединения в одно целое. Еще один участок лимбической коры находится снизу и сзади от поясной извилины, на самом дне височных долей — он оборачивается вокруг спиральной структуры гиппокампа и называется парагиппокампальной корой.

В состав лимбической коры входят и более старые участки коры, расположенные снизу и внутри больших полушарий. От новой коры — неокортекса — они отличаются строением и задачами, которые выполняют. Нейроны здесь упакованы немного по-другому и образуют на срезе меньше слоев. У человека почти вся кора больших полушарий занята неокортексом, а участки старой коры занимают всего несколько процентов от всей площади. Тем не менее без работы старой коры невозможно формирование памяти и пространственное мышление. Именно старая кора способна быстро запомнить получаемую информацию, а затем она тренирует новую различать те вещи и места, с которыми мы уже когда-то встречались и сохранили о них воспоминания [8].

КАК УСТРОЕНЫ БОЛЬШИЕ ПОЛУШАРИЯ МОЗГА: КРАТКИЙ ОБЗОР ОТДЕЛОВ В КОРЕ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

Итак, мы разобрались с тем, что находится в глубине большого мозга, и теперь можно присмотреться к тому, что снаружи. Большой мозг делится на два