

«ФИЗИКА НЕВОЗМОЖНОГО»  
THE NEW YORK TIMES  
ОТ АВТОРА  
БЕСТСЕЛЛЕРА

МИМО КАЗУ



БУДУЩЕЕ  
РАЗУМА

АНФ

Митио Каку  
**Будущее разума**

«Альпина Диджитал»

2014

## **Каку М.**

Будущее разума / М. Каку — «Альпина Диджитал», 2014

Прямое мысленное общение с компьютером, телекинез, имплантация новых навыков непосредственно в мозг, видеозапись образов, воспоминаний и снов, телепатия, аватары и суррогаты как помощники человечества, экзоскелеты, управляемые мыслью, и искусственный интеллект. Это все наше недалекое будущее. В ближайшие десятилетия мы научимся форсировать свой интеллект при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Наука в этом направлении развивается стремительно. Изменится характер работы и общения в социальных сетях, процесс обучения и в целом человеческое развитие. Будут побеждены многие неизлечимые болезни, мы станем другими. Готов ли наш разум к будущему? Что там его ждет? На эти вопросы, опираясь на последние исследования в области нейробиологии и физики, отвечает Митио Каку, футуролог, популяризатор науки и автор научно-популярных бестселлеров.

© Каку М., 2014

© Альпина Диджитал, 2014

# Содержание

Введение	6
Революции-близнецы	9
Повышая возможности разума	11
Затронутые душевной болезнью	13
В чем движущая сила этой революции?	14
Книга I	16
1. Раскрытие разума	16
Мозг Брока	16
Карта мозга	18
Эволюционирующий мозг	19
МРТ: окно в мозг	22
Электроэнцефалограмма	24
Позитронно-эмиссионная томография	26
Магнетизм в мозгу	26
Стимуляция глубоких структур мозга (нейростимуляция)	28
Оптогенетика – включаем мозг	28
Прозрачный мозг	29
Четыре фундаментальные силы	29
Новые модели мозга	30
Реальна ли в действительности «реальность»?	32
Парадокс разделенного разума	33
Кто главный?	35
2. Сознание с точки зрения физика	37
Конец ознакомительного фрагмента.	38

# Митио Каку Будущее разума

Переводчик *Наталья Лисова*  
Научный редактор *Константин Томс*  
Руководитель проекта *И. Серёгина*  
Корректоры *М. Миловидова, М. Савина*  
Компьютерная верстка *А. Фоминов*  
Дизайн обложки *Ю. Буга*  
Иллюстрации *Jeffrey L. Ward*

© Michio Kaku, 2014

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2015

\* \* \*

*Книга посвящается моей любящей жене Сицзуэ и моим дочерям  
Мишель и Элисон*

## Введение

Две величайшие загадки природы – разум и Вселенная. С помощью современной техники мы можем фотографировать галактики, находящиеся за миллиарды световых лет от Солнечной системы, манипулировать генами, которые полностью определяют жизнь, и зондировать глубины атома, но разум и Вселенная по-прежнему не даются, ускользают и дразнят нас. Это самые загадочные и захватывающие из всех известных науке рубежей.

Чтобы оценить и почувствовать величие Вселенной, просто выйдите ночью на улицу и обратите взор к небесам, сияющим мириадами звезд. С того мгновения, когда кто-то из наших предков обратил внимание на великолепие звездного неба, мы не устаем искать ответы на вечные вопросы: откуда это все взялось? Что это все значит?

Чтобы обратиться к загадке разума, человеку достаточно посмотреть в зеркало и спросить себя: что там, в моей голове? Дальше возникают новые вопросы: есть ли у людей душа? Что происходит с нами после смерти? Вообще, что такое это «Я», откуда оно берется? А это приводит нас к самому главному, самому важному вопросу: какое место человек занимает в великом космическом порядке вещей? Как сказал однажды знаменитый биолог Викторианской эпохи Томас Гексли: «Вопрос вопросов для человечества, загадка, лежащая в основе всех остальных и более интересная, чем любая другая, – это вопрос определения места человека в Природе и его отношения к Космосу».

В нашей Галактике 100 млрд звезд, и примерно столько же нейронов в головном мозге человека. Чтобы отыскать объект настолько же сложный<sup>1</sup>, как тот, что находится у нас на плечах, придется преодолеть 40 трлн км до ближайшей звезды за пределами Солнечной системы. Разум и Вселенная представляют собой величайший научный вызов, но этого мало: их связывают странные отношения. Можно сказать, что эти понятия строго противоположны. Вселенная соотносится с бесконечностью внешнего пространства, где есть черные дыры, взрывающиеся звезды и сталкивающиеся галактики. А разум – с внутренним пространством души, где таятся наши надежды и сокровенные желания. Он находится от нас на расстоянии наших мыслей, но мы часто теряемся и не в состоянии описать и объяснить его.

Но, несмотря на такую противоположность, у них много общего. В том числе и то, что с незапамятных времен с ними связаны различные суеверия. Астрологи и френологи<sup>2</sup> утверждают, что видят смысл в каждом зодиакальном созвездии и в каждой шишке на черепе человека. Телепатов и провидцев то превозносят до небес, то очерняют и втоптывают в грязь.

Вселенная и разум постоянно пересекаются, не в последнюю очередь благодаря шокирующей информации, которую преподносит нам научная фантастика. Ребенком я нередко представлял себя слэном – членом расы телепатов, созданной воображением Альфреда Ван Вогта.

---

<sup>1</sup> Чтобы убедиться в этом, определим «сложность» через общее количество хранимой информации. Ближайшим соперником нашего мозга может считаться ДНК, т. е. информация, в ней содержащаяся. В нашей ДНК три миллиарда пар оснований, причем каждая из них содержит один из четырех нуклеотидов (обозначаемых как А, Т, С, G). Таким образом, полное количество информации, которое может содержаться в ДНК человека, равно четырем в степени три миллиарда. Но мозг с его 100 млрд нейронов, каждый из которых может либо сработать, либо нет, вмещает гораздо больше информации. Следовательно, у мозга существует два в степени 100 млрд возможных начальных состояний. Но ДНК статична, а состояние мозга меняется каждые несколько миллисекунд. Простая мысль может включать в себя около 100 поколений нейронных срабатываний. Следовательно, два в степени 100 млрд нужно возвести еще в сотую степень (число последовательных срабатываний в одной мысли). Но нейроны мозга работают постоянно, днем и ночью, так что количество мыслей, способных уместиться в N поколений, составляет два в степени 100 млрд в степени N – поистине астрономическое число. Таким образом, количество информации, которую может вместить человеческий мозг, намного превышает количество информации, содержащееся в ДНК. Более того, наш мозг – самое емкое хранилище информации в Солнечной системе и, возможно, в нашем секторе Галактики. – *Прим. авт.*

<sup>2</sup> Френолог – специалист по френологии – науке, согласно которой характер и способности человека обусловлены строением его черепа. – *Прим. ред.*

Меня поражало, как мутант по имени Мул при помощи мощного внушения чуть не захватил власть в Галактической империи из трилогии Айзека Азимова «Основание». А в фильме «Запретная планета» цивилизация, по развитию на миллионы лет обогнавшая нашу, сумела направить громадные силы телекинеза и телепатии на преобразование внешнего мира в соответствии с своими желаниями и прихотями.

Когда мне было лет десять, на телеэкранах появился «Удивительный Дуннингер», завораживавший аудиторию магическими трюками. Его девизом было: «Тем, кто верит, объяснения не нужны; тем, кто не верит, объяснять бесполезно». Однажды он заявил, что передаст свою мысль миллионам людей по всей стране. Он закрыл глаза и сконцентрировался, пояснив предварительно, что назовет одного из президентов США. А затем попросил зрителей записать имя, пришедшее им в голову, на открытке и прислать ему. На следующей неделе он торжественно объявил о получении тысяч открыток со словом «Рузвельт» – тем самым, которое он «транслировал» в эфир.

На меня это не произвело впечатления. В те годы имя Рузвельта было популярно у жителей США, переживших Великую депрессию и Вторую мировую войну, о нем вспоминали почти по любому поводу, так что ничего удивительного в полученном результате не было. (Я тогда еще подумал, что подобный опыт был бы по-настоящему интересен, если бы он задумал имя Милларда Филлмора<sup>3</sup>).

Тем не менее выступления Дуннингера распалили мое воображение, и я начал экспериментировать. Я пытался читать чужие мысли; закрыв глаза и сосредоточившись изо всех сил, «вслушивался» в мысли людей или пытался силой мысли двигать предметы по комнате.

У меня ничего не получилось.

Я решил, что если где-то на земле и существуют телепаты, то я к ним определенно не принадлежу. Кроме того, я начал понимать, что чудеса, демонстрируемые телепатами, скорее всего, не могут быть реализованы, по крайней мере без посторонней помощи. Мало того. В последовавшие за этим годы я постепенно усвоил еще один урок: чтобы проникать в величайшие тайны Вселенной, не обязательно обладать телепатическими или сверхъестественными способностями. Нужно всего лишь иметь открытый, упорный и любознательный ум. В частности, чтобы разобраться, можно ли воплотить в реальности замечательные устройства, описанные в фантастических романах, нужно глубоко изучать физику. Чтобы уяснить, в какой момент возможное становится невозможным, нужно уважать и понимать законы природы.

Именно эти две страсти подхлестывали всю жизнь мое воображение: мне хотелось понять фундаментальные законы природы и представить, как изменится в будущем жизнь людей под влиянием науки. Чтобы проиллюстрировать то и другое и поделиться радостью познания, я написал книги «Гиперпространство», «После Эйнштейна» и «Параллельные миры». А мой горячий интерес к будущему выразился в книгах «Прогнозы», «Физика невозможного» и «Физика будущего». В ходе работы над ними я постоянно сталкивался с тем фактом, что разум человека по-прежнему является одной из величайших загадок нашего мира.

В самом деле, на протяжении большей части истории мира люди были не в состоянии понять, что такое мозг и как он устроен. Так, древние египтяне, при всем великолепии их достижений в искусствах и науках, считали мозг бесполезным органом и попросту выбрасывали его при бальзамировании умерших. Аристотель был убежден, что душа обитает в сердце, а не в мозгу, и единственная функция мозга – обеспечивать охлаждение сердечно-сосудистой системы. Другие, в том числе и Декарт, считали, что душа проникает в тело через крохотную шишковидную железу в мозгу (эпифиз). Однако при отсутствии каких бы то ни было достоверных данных доказать ни одну из этих теорий было невозможно.

---

<sup>3</sup> Тринадцатый президент США. – Прим. ред.

Невежество в этой области сохранялось не одну тысячу лет, и не без причины. Человеческий мозг весит около полутора килограммов, и тем не менее это самый сложный объект в Солнечной системе. Составляя около 2 % веса тела, мозг обладает невероятным аппетитом и потребляет не менее 20 % нашей энергии (у новорожденных этот показатель достигает 65 %); при этом не менее 80 % наших генов содержат информацию о мозге и для мозга. Согласно оценкам, наш мозг содержит 100 млрд нейронов и соответствующее количество нервных связей и проводящих путей.

В 1977 г. астроном Карл Саган написал книгу «Драконы Эдема», удостоенную Пулитцеровской премии, в которую было включено все, что на тот момент было известно о мозге. Книга отражала современное состояние нейробиологии – науки, которая в то время опиралась, по существу, на три основных источника. Первым источником было сравнение человеческого мозга с мозгом животных – трудоемкая и утомительная работа, предусматривавшая препарирование мозга тысяч различных тел. Вторым источником был косвенный метод: анализ последствий травм и болезней, в результате которых люди часто демонстрируют необычное поведение. При этом только в ходе вскрытия после смерти можно было выявить, какая именно часть мозга была повреждена. И наконец, третий источник – зондирование мозга при помощи электродов, позволявшее ученым потихоньку (очень медленно и болезненно) разбираться, какая часть мозга за что отвечает.

Ни один из инструментов нейробиологии не позволял исследовать мозг систематически. Невозможно было заказать жертву несчастного случая с повреждениями в конкретной области мозга, которую вам хотелось исследовать. Мозг – живая динамичная система, и посмертное вскрытие часто не позволяет узнать самое интересное – как различные области мозга взаимодействуют между собой, не говоря уж о том, как в них рождаются мысли и такие чувства, как любовь, ненависть, ревность и любопытство.

## Революции-близнецы

Четыреста лет назад был изобретен телескоп, и буквально на следующий день этот новый чудесный инструмент позволил ученым заглянуть в сердце небесных тел. Его можно назвать одним из наиболее революционных инструментов всех времен. С его помощью люди на деле убедились в ошибочности мифов и догм прошлого – они улетучились, как утренний туман. Луна, вместо того чтобы служить совершенным образцом божественной мудрости, явила изрезанную кратерами поверхность; Юпитер оказался обладателем собственных лун; у Венеры обнаружили фазы, а у Сатурна – кольца. За 15 лет после изобретения телескопа человек узнал о Вселенной больше, чем за всю предыдущую историю человечества.

Подобно изобретению телескопа, появление в середине 1990–2000-х гг. аппаратов МРТ и еще нескольких методов сканирования мозга полностью преобразило нейробиологию. За те же 15 лет мы и о мозге узнали больше, чем за все наше существование, и разум, прежде считавшийся непознаваемым, наконец выходит на авансцену.

Нобелевский лауреат Эрик Кандел из Института Макса Планка в Тюбингене (Германия) пишет: «Самые ценные озарения, связанные с проникновением в человеческое сознание, в этот период времени исходят отнюдь не из тех дисциплин, которые традиционно занимались сознанием, – философии, психологии или психоанализа. Нет, они исходят из соединения этих дисциплин с биологией мозга...»

Решающую роль в этих достижениях сыграли физики; именно они обеспечили ученых целым набором новых инструментов, получивших названия МРТ (магнитно-резонансная томография), ЭЭГ (электроэнцефалография), ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография), КТ (компьютерная томография), ГСМ (глубокая стимуляция мозга), ТЭС (транскраниальное электромагнитное сканирование), нейростимуляция и др., которые кардинально изменили процесс исследования мозга. Внезапно мы получили возможность видеть при помощи этих аппаратов движение мыслей в живом работающем мозге. Как заметил нейробиолог Вилейанур Рамачандран из Калифорнийского университета в Сан-Диего, «все то, чем философы занимались на протяжении тысячелетий, мы, ученые, можем теперь исследовать напрямую, сканируя мозг, изучая пациентов и задавая нужные вопросы».

Оглядываясь назад, могу сказать, что уже первые робкие мои путешествия в мир физики пересекались с теми технологиями, которые сегодня позволяют исследовать разум. В старших классах школы, к примеру, я познакомился с новой для себя формой вещества, известной как антивещество, и решил провести небольшой эксперимент. Поскольку речь шла об одном из самых экзотических элементов на земле, то за получением крохотного количества натрия-22 – вещества, испускающего положительно заряженные электроны (позитроны), мне пришлось обратиться в Комиссию по атомной энергии. Получив на руки небольшой образец, я смог построить камеру Вильсона и поместить ее в мощное магнитное поле, что позволило мне сфотографировать следы конденсированного пара, оставленные частицами антивещества. Тогда я этого не знал, но прошло немного времени, и натрий-22 нашел применение в новой технологии, получившей название ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография) и позволившей ученым узнать поразительные вещи о процессе мышления.

Еще одной технологией, с которой я экспериментировал в школьные годы, был магнитный резонанс. Я присутствовал на лекции Феликса Блоха из Стэнфордского университета, получившего в 1952 г. вместе с Эдвардом Пёрселлом Нобелевскую премию по физике за открытие ядерного магнитного резонанса. Доктор Блох объяснил нам, школьникам, что в мощном магнитном поле атомы выстраиваются по силовым линиям, как стрелки компаса. Направив на них радиоимпульс определенной (резонансной) частоты, можно заставить их повернуться в конкретном направлении; а потом, разворачиваясь обратно, они выдадут импульс,

напоминающий эхо, что позволит исследователям идентифицировать эти атомы. (Позже я использовал принцип магнитного резонанса при сооружении в мамином гараже ускорителя частиц на 2,3 МэВ.)

Года два спустя на младших курсах Гарвардского университета я имел честь изучать электродинамику под руководством доктора Пёрселла. Примерно в тот же период мне повезло устроиться на лето в лабораторию к доктору Ричарду Эрнсту, который пытался обобщить работы Блоха и Пёрселла по магнитному резонансу. Результаты оказались весьма впечатляющими, и много позже, в 1991 г., Эрнст получил Нобелевскую премию по физике за то, что заложил основы МРТ (магнитно-резонансной томографии). Этот метод позволил сделать фотографии живого мозга, еще более детальные, чем ПЭТ-сканирование.

## Повышая возможности разума

Время шло, я стал профессором теоретической физики, но не утратил горячего интереса к разуму и сознанию. Удивительно наблюдать, как всего за одно десятилетие открытия в физике сделали реальностью некоторые ментальные достижения, так завораживавшие меня в детстве. Сегодня ученые при помощи МРТ-сканера могут отслеживать возникновение мысли в мозгу. Кроме того, они могут вживить в мозг полностью парализованного человека чип и подсоединить его к компьютеру, в результате пациент силой мысли сможет путешествовать по Интернету, читать и писать электронные сообщения, играть в видеоигры, управлять креслом, бытовыми приборами и механическими руками. В принципе, этот пациент может делать все то, что делает обычный человек, но при помощи компьютера.

Ученые идут дальше, подсоединяя мозг к экзоскелету, который такие пациенты могли бы надевать на свои парализованные конечности. Не исключено, что придет время, когда полностью парализованный человек сможет вести почти нормальную жизнь. Кроме того, экзоскелеты, возможно, обеспечат нам сверхспособности, позволяющие выжить в смертельно опасных ситуациях. Может быть, когда-нибудь наши астронавты будут исследовать далекие планеты, мысленно управляя механическими суррогатами и находясь при этом в комфортных земных условиях, чуть ли не у себя дома.

Не исключено, что когда-нибудь мы научимся, как в фильме «Матрица», записывать в мозг воспоминания, осваивая таким образом новые навыки. В экспериментах на животных ученым уже удалось кое-что сделать. Возможно, это лишь вопрос времени, и мы сможем записывать в мозг знания, изучая таким образом науку, знакомясь с новыми местами и осваивая новые увлечения. А если мы научимся записывать в мозг рабочих и ученых технические навыки, это, возможно, скажется и на мировой экономике. Не исключено, что мы сможем даже делиться воспоминаниями друг с другом. Может быть, когда-нибудь ученые создадут «Интернет разума», или мозговую сеть, с помощью которой мысли и эмоции будут рассылаться по всему миру. Даже сны можно будет записывать и затем отсылать «мозгопочтой» по сети.

Не исключено, что техника позволит расширить наши интеллектуальные возможности. Достигнут немалый успех в исследовании мышления гениев, чьи ментальные, артистические и математические способности поистине поразительны. Мало того, ведется секвенирование генов, отличающих нас от человекообразных обезьян; результат даст нам возможность заглянуть в историю эволюции мозга. У животных уже выделены гены, способные улучшить память и повысить интеллектуальные возможности.

Интерес к открытиям и перспективы нейробиологии настолько громадны, что привлекают уже внимание политиков. Более того, наука о мозге неожиданно стала источником трансатлантического соревнования величайших экономических гигантов планеты. В январе 2013 г. президент США Обама и Европейский союз объявили о старте двух независимых проектов инженерного реконструирования мозга, которые со временем могут получить многомиллиардное финансирование. Расшифровка сложнейшей нейронной сети мозга, совершенно недоступная, как когда-то считалось, на современном уровне науки, стала целью двух глобальных проектов, сравнимых с проектом расшифровки генома человека и способных, подобно ему, кардинально изменить науку и медицину. В случае успеха эти работы не только дадут нам возможность заглянуть в глубины мозга, но и послужат толчком для создания новых отраслей промышленности, подхлестнут экономическую активность и откроют новые горизонты в нейробиологии.

Мне представляется, что, когда нейронные связи мозга будут наконец расшифрованы, станут понятны истоки психических заболеваний, и, может быть, человечеству удастся найти лекарство от этих древних недугов. Кроме того, такая расшифровка откроет возможности для

копирования разума, что, безусловно, поставит перед нами новые философские и этические вопросы. Кто мы, если наше сознание можно загрузить в компьютер? Можно будет также поиграть с концепцией бессмертия. Тело человека со временем стареет и умирает, но не может ли сознание жить вечно?

Кто знает, может быть, в отдаленном будущем разум освободится от телесных оков и научится путешествовать среди звезд, как считают некоторые ученые. Например, через несколько столетий появится возможность скопировать нейронный образ человека и отправить его по лазерному лучу в дальний космос; не исключено, что это окажется наиболее эффективным способом исследования Галактики.

В настоящее время открываются небывалые возможности для научных исследований, способных изменить судьбу человечества. Начинается золотой век нейробиологии.

Делая подобные предсказания, я заручился бесценной помощью ученых, которые любезно согласились беседовать со мной, разрешили брать у них интервью, рассказывать об их идеях по радио и даже приводить съемочную группу прямо в лаборатории. Именно эти ученые закладывают сегодня фундамент будущего развития разума. Для включения их идей в книгу у меня было всего два условия: (1) их предсказания не должны противоречить законам природы и (2) для всех идей должны существовать прототипы, доказывающие принципиальную возможность их реализации.

## Затронутые душевной болезнью

Я когда-то написал биографию Альберта Эйнштейна, назвав ее «Космос Эйнштейна». В ходе работы над книгой мне, естественно, пришлось познакомиться с подробностями его личной жизни. Я и ранее знал, что младший сын Эйнштейна страдал шизофренией, но не понимал, какую огромную эмоциональную нагрузку это накладывало на великого ученого. Самого Эйнштейна проблемы с психикой тоже коснулись, но иначе. Жизнь одного из ближайших коллег Эйнштейна – физика Пауля Эренфеста, помогавшего ему в работе над общей теорией относительности, – закончилась трагически: после нескольких приступов депрессии Эренфест убил собственного сына (мальчик страдал синдромом Дауна) и покончил с собой. С годами я обнаружил, что многие из моих коллег и друзей тоже вынуждены были как-то справляться с психическими расстройствами в своих семьях.

Психическое заболевание глубоко повлияло и на мою жизнь. Несколько лет назад после долгой и безуспешной борьбы с болезнью Альцгеймера умерла моя мама. Видеть, как постепенно уходят из ее памяти воспоминания о близких, смотреть в родные глаза и понимать, что она не осознает, кто перед ней, было невероятно тяжело. На протяжении нескольких лет я наблюдал, как постепенно гаснет огонек разума в маминых глазах. Всю жизнь она тяжело трудилась, поднимая детей, а в конце, вместо того чтобы наслаждаться заслуженным отдыхом, была, по существу, ограблена и лишена всех дорогих воспоминаний.

Дети беби-бума стареют, и грустные переживания, выпавшие на долю многих, повторяются и будут повторяться. Мне бы очень хотелось, чтобы стремительное развитие нейробиологии когда-нибудь облегчило страдания всех, кого так или иначе коснулись болезни психики и слабоумие.

## **В чем движущая сила этой революции?**

Сегодня данные, собранные в ходе исследования мозга, потихоньку расшифровываются и систематизируются, и достижения поразительны. Несколько раз в год газетные заголовки разносят по миру весть об очередном революционном открытии. От изобретения телескопа до начала космической эры прошло 350 лет, а вот от появления МРТ и других технологий сканирования мозга до непосредственного активного соединения мозга с внешним миром – всего пятнадцать. Почему так быстро и что будет дальше?

Отчасти этот стремительный прогресс объясняется тем, что физики сегодня неплохо понимают электромагнетизм, который управляет передающимися по нейронам электрическими сигналами. Краеугольным камнем МРТ-технологий являются математические уравнения Максвелла, используемые для физических расчетов антенн, радаров и радиоприемников. Потребовались столетия, чтобы окончательно разрешить все вопросы электромагнетизма, но сегодня нейробиология может в полной мере пользоваться плодами этого великого достижения. В книге I я расскажу об истории мозга и объясню, как плеяда новых инструментов вышла из физических лабораторий и подарила нам цветные картинки, отражающие работу мысли. Поскольку сознание играет в любом обсуждении разума центральную роль, я приведу также точку зрения физика и предложу определение сознания, относящееся, в частности, и к другим представителям животного мира. По сути, я проведу классификацию и покажу, как можно численно охарактеризовать различные типы сознания.

Но если мы хотим получить полный ответ на вопрос о том, как будет дальше развиваться эта технология, нам придется привлечь еще и закон Мура, который утверждает, что мощность компьютеров удваивается каждые два года. Я часто удивляю собеседников одним простым фактом: сегодня средний сотовый телефон располагает большими компьютерными возможностями, чем всё NASA в 1969 г., когда американские астронавты высадились на Луну. В настоящее время компьютеры обладают достаточной мощностью, чтобы записать испускаемые мозгом электрические сигналы и частично расшифровать их, переводя на привычный цифровой язык. Таким образом, мозг получает возможность напрямую взаимодействовать с компьютерами и контролировать любые объекты. Эта быстро растущая область исследований получила название нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ), и ключевым элементом в ней является компьютер. В книге II я расскажу об этой новой технологии, которая делает возможными запись воспоминаний, чтение мыслей, видеозапись снов и телекинез.

В книге III я исследую альтернативные формы сознания – от снов, наркотиков и психических расстройств до роботов и космических пришельцев. Речь пойдет и о потенциальных возможностях управления мозгом в борьбе с такими заболеваниями, как депрессия, болезнь Паркинсона, синдром Альцгеймера и др. Я расскажу подробнее о проекте BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies), объявленном президентом Обамой, и о проекте Human Brain Project Европейского союза, в ходе которых, вероятно, миллиарды долларов будут потрачены на изучение того, как работает мозг на самых разных уровнях вплоть до нейронного. Эти две программы, несомненно, представят нам совершенно новые области исследования, раскроют глубочайшие тайны сознания и обеспечат нас новыми способами лечения психических заболеваний.

После того как мы дадим определение сознания, мы сможем использовать его при рассмотрении различных типов нечеловеческого разума (к примеру, роботов). Насколько продвинутыми могут стать роботы? Могут ли у них появиться эмоции? Будут ли они представлять опасность? Можно будет поговорить и о сознании инопланетных пришельцев, цели которых, вполне вероятно, в корне отличны от наших.

В приложении я предлагаю обсудить самую странную, может быть, из научных идей: концепцию, которая берет начало в квантовой физике и согласно которой сознание, возможно, представляет собой основу реальности.

Предположений в этой области высказано вполне достаточно. Только время покажет, какие из них можно считать наркотическим бредом, порожденным перегретым воображением писателей-фантастов, а какие показывают реальные направления будущих научных исследований. Прогресс в нейробиологии движется семимильными шагами, а ключевым фактором здесь выступает современная физика – именно она позволяет в полную силу использовать электромагнитные и ядерные силы для исследования великих тайн, скрытых до поры в нашем мозгу.

Мне хотелось бы лишний раз напомнить читателям, что я не нейробиолог. Я – физик-теоретик, давно интересующийся вопросами сознания. Мне кажется, позиция физика дает дополнительные преимущества, помогает обогатить наши знания и представить свежий взгляд на самый известный и в то же время самый загадочный объект во Вселенной: наш разум.

Однако, учитывая головокружительные темпы появления и развития радикально новых концепций, очень важно иметь твердое представление о том, как устроен мозг.

Поэтому давайте для начала поговорим об истоках современной нейробиологии, которая, по мнению некоторых историков, возникла в тот момент, когда железный штырь насквозь пронзил мозг некоего Финеаса Гейджа. Это судьбоносное событие запустило настоящую цепную реакцию и помогло открыть мозг для серьезных научных исследований. Для самого мистера Гейджа это событие было, конечно, весьма прискорбным, но современная наука однозначно выиграла.

# Книга I

## Разум и сознание

*Мой фундаментальный посыл в отношении мозга состоит в том, что его работа – все то, что мы иногда называем разумом – обусловлена его анатомией и физиологией и ничем иным.*

*Карл Саган*

### 1. Раскрытие разума

В 1848 г. Финneas Гейдж работал бригадиром на железнодорожной станции в штате Вермонт, когда с ним произошел несчастный случай. При случайном взрыве динамита железный штырь длиной более метра полетел ему прямо в лицо, пронзил голову, вышел через макушку и приземлился в 25 м позади. Товарищи Гейджа, потрясенные случившимся (и видом его мозгов), сразу же послали за врачом. К их изумлению (и к не меньшему изумлению врача), Гейдж не умер на месте.

Несколько недель он пребывал в помутненном сознании, но со временем выздоровел, казалось, полностью. (В 2009 г. в СМИ появилась редкая фотография Гейджа, на которой симпатичный, уверенный в себе мужчина с травмой головы и левого глаза стоит, держа в руке железный стержень.) Однако после несчастного случая товарищи по работе заметили, что его характер и поведение резко изменились. Гейдж, ранее жизнерадостный и доброжелательный человек, стал раздражительным, грубым и эгоистичным. Женщинам лучше было держаться от него подальше. Доктор Джон Харлоу – тот самый врач, которого пригласили к Гейджу сразу после несчастного случая – отмечал, что Гейдж был «капризным и нерешительным, постоянно строил планы и, не успев начать, тут же бросал их ради других проектов. Он был ребенком в своих интеллектуальных возможностях и проявлениях, но обладал животными страстями сильного мужчины». Доктор Харлоу отметил, что Гейдж «радикально изменился» и что товарищи по работе даже говорили, что «это уже не Гейдж». После смерти Гейджа в 1860 г. доктор Харлоу сохранил и его череп, и пронзивший его штырь. Подробное рентгеновское исследование черепа позже показало, что железный стержень действительно вызвал массивное разрушение части мозга, известной теперь как лобная доля, и в правом, и в левом полушариях.

Этому невероятному случаю суждено было изменить не только жизнь Финneasа Гейджа; ему суждено было изменить ход науки. Прежде в научном сообществе преобладало мнение, что мозг и душа – две независимых сущности, как считалось в дуалистической философии. Но, когда стало ясно, что повреждение фронтальной доли мозга резко изменило личность Гейджа, это, в свою очередь, вызвало сдвиг научной парадигмы. Возможно, решили ученые, конкретные области мозга можно связать с определенными типами поведения.

### Мозг Брока

В 1861 г., всего через год после смерти Гейджа, эта точка зрения нашла новое подтверждение в работе парижского врача Пьера Поля Брока. Он описал пациента, который выглядел нормальным во всех отношениях, кроме одного: у него было серьезное нарушение речи. Этот пациент прекрасно понимал и воспринимал речь, но сам мог произнести всего один звук, напоминающий треньканье струны. После смерти пациента доктор провел вскрытие и убедился в том, что у него была поражена левая височная доля мозга – область возле левого уха. Позже доктору Брока удалось наблюдать еще 12 случаев повреждения данной области мозга. Сегодня

про пациентов с травмой височной доли мозга, обычно в левом полушарии, говорят, что они страдают от афазии Брока. (Как правило, пациенты с таким расстройством понимают речь, но сами ничего сказать не могут или как минимум теряют при речи слова.)

Вскоре после этого, в 1874 г., немецкий врач Карл Вернике описал пациентов, страдавших противоположным недугом. Они могли внятно говорить, но не понимали ни письменную, ни устную речь. Часто речь таких пациентов была достаточно беглой, с соблюдением правил грамматики и синтаксиса, но произносили они бессмысленные несуществующие слова. Печально, что они, как правило, даже не понимали, что изрекают абсолютную чушь. После нескольких вскрытий Вернике подтвердил, что у этих пациентов была повреждена небольшая часть левой височной доли мозга.

Работы Брока и Вернике стали этапными в нейробиологии и установили четкую связь между поведенческими проблемами, такими как нарушение речи или языковых способностей, и повреждением конкретных областей мозга.

Еще один прорыв произошел в годы войны. На протяжении истории человечества религия неоднократно накладывала вето на анатомирование человеческих тел; понятно, что это сильно тормозило развитие медицины. Однако в военное время, когда на поле боя умирают десятки тысяч истекающих кровью солдат, врачи чувствуют себя обязанными разрабатывать – и как можно быстрее – действенные методы лечения. В 1864 г., во время прусско-датской войны, немецкому врачу Густаву Фричу пришлось лечить множество солдат с открытыми ранениями мозга, и он заметил, что при прикосновении к одному из полушарий мозга часто держится противоположная сторона тела. Позже Фрич доказал, что при электрической стимуляции мозга правое полушарие управляет левой стороной тела, и наоборот. Это поразительное открытие наглядно продемонстрировало, с одной стороны, что работа мозга имеет электрическую природу, а с другой – что конкретные участки мозга управляют противоположной стороной тела. (Забавно, но первыми воздействовать на мозг электричеством попробовали римляне около 2000 лет назад. Хроники свидетельствуют, что в 43 г. н. э. придворный медик императора Клавдия прикладывал к голове пациента, страдавшего сильными головными болями, электрического ската.)

Представление о том, что мозг с телом соединяют электрические пути, систематически не исследовалось вплоть до 1930-х гг., когда доктор Уайлдер Пенфилд начал работать с двумя больными эпилепсией, часто страдавшими от изнурительных судорог и приступов, любой из которых мог их погубить. Последним шансом для таких пациентов была операция на головном мозге, при которой удалялись части черепа, а мозг обнажался. (Поскольку мозг лишен болевых рецепторов, человек все это время мог быть в сознании, и доктор Пенфилд использовал во время операции лишь местное обезболивание.)

Доктор Пенфилд обратил внимание, что на стимуляцию определенных частей коры мозга при помощи электрода реагируют различные части тела. И внезапно понял, что может нарисовать приблизительный план соответствия участков коры мозга телу человека (рис. 1). Рисунки у него получились настолько точными, что их до сих пор используют почти в неизменном виде. И на ученое сообщество, и на публику они произвели очень сильное впечатление. На одной из схем можно видеть, какая приблизительно область мозга отвечает за какую функцию и насколько важна для организма эта функция. К примеру, кисти рук и рот для человека жизненно важны, на их управление отводится значительная доля мозга, тогда как нервные рецепторы спины на схеме почти незаметны.

Далее Пенфилд обнаружил, что при стимулировании электричеством височной доли его пациенты неожиданно вспоминают с кристальной ясностью и заново переживают давно забытые эпизоды. Он испытал настоящий шок, когда в ходе операции на мозге пациент вдруг воскликнул: «Я будто... стоял в дверях школы... я слышал, как мама говорит по телефону с тетей и приглашает ее зайти к нам вечером». Пенфилд понял, что прикасается к воспоминаниям,

погребенным глубоко внутри мозга. В 1951 г., когда он опубликовал свои результаты, представления о мозге кардинально изменились.

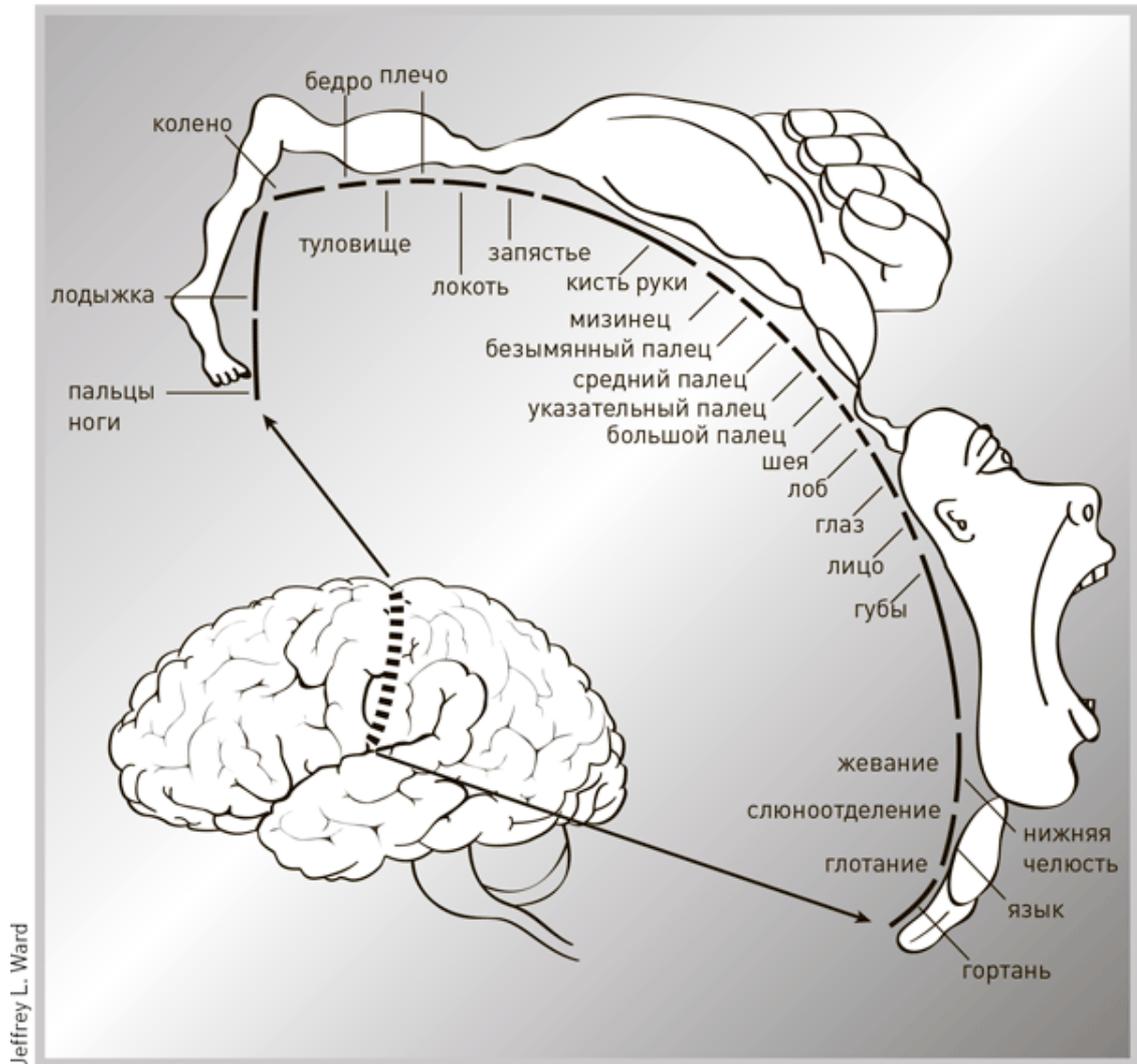


Рис. 1. Схема двигательной зоны коры головного мозга, составленная доктором Уайлдером Пенфилдом. На схеме видно, какой участок мозга управляет какой частью тела

## Карта мозга

К 1950–1960-м гг. появилась возможность составить приблизительную карту мозга, разграничив его области и даже определив функции некоторых из них.

На рис. 2 представлен неокортекс, или новая кора, – внешний слой головного мозга, разделенный на четыре доли. Вообще, неокортекс у человека очень развит. Задача всех долей мозга, кроме одной, – принимать и обрабатывать сигналы от органов чувств; исключение составляет лобная доля, расположенная за лобной костью. Префронтальная кора – самая передняя часть лобной доли – является тем местом, где возникают рациональные мысли. Информация, которую вы в настоящий момент получаете из книги, обрабатывается в префронтальной коре. Повреждение этой области может отрицательно повлиять на вашу способность

к планированию и обдумыванию будущего, как это произошло с Финейсом Гейджем. Именно в этой области мозга оценивается получаемая информация и планируются действия.

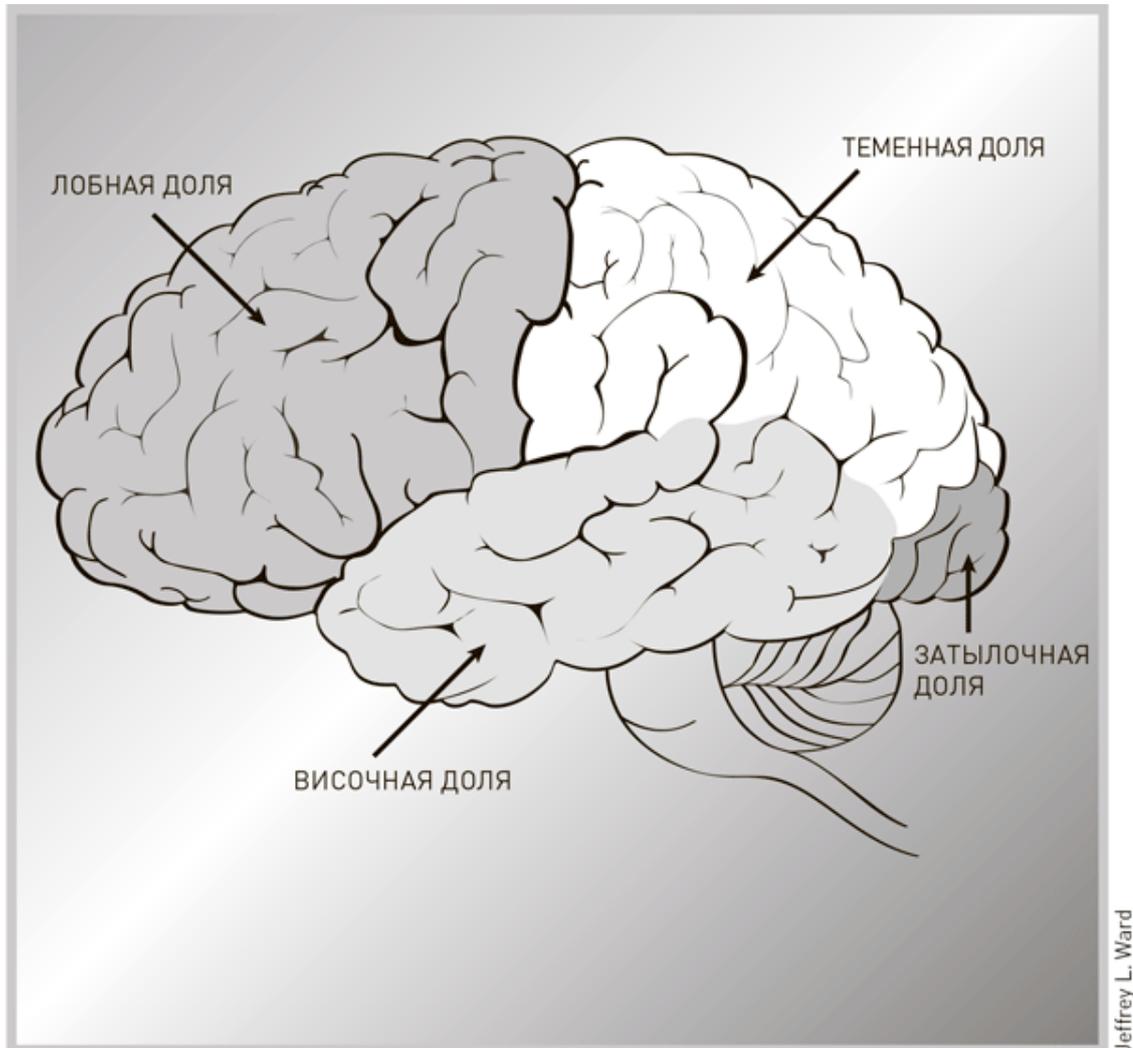


Рис. 2. Четыре доли неокортекса отвечают за различные, хотя и связанные между собой функции

Теменная доля располагается в верхней части мозга. Правое полушарие контролирует чувственное внимание и образ тела; левая – тонкие движения и некоторые аспекты речи. Повреждение этой области может вызвать множество проблем, в том числе и трудности с распознаванием некоторых частей собственного тела. Затылочная доля располагается в самой задней части мозга и обрабатывает полученную от глаз визуальную информацию. Повреждение этой области может вызвать слепоту и зрительные нарушения.

Височная доля отвечает за речь (только слева), а также за визуальное распознавание лиц и некоторые эмоции. Повреждение этой области может лишить человека речи или способности узнавать знакомые лица.

## Эволюционирующий мозг

Если взглянуть на другие органы, такие как мышцы, кости и легкие, то можно заметить в их устройстве очевидный порядок. Но структура мозга может показаться наблюдателю совер-

шенно хаотичной; мозг как бы собран из отдельных независимых частей. Мало того, попытки построить схему мозга иногда называют «картографией для тупых».

Чтобы разобраться в структуре мозга, которая кажется случайной, в 1967 г. доктор Пол Маклин из Национального института психического здоровья попытался рассмотреть эволюцию мозга с позиции теории Чарльза Дарвина. Он разделил мозг на три части. (Дальнейшие исследования показали, что эта модель нуждается в уточнении, но мы используем ее как грубый набросок для приблизительного объяснения общей структуры мозга.) Во-первых, он заметил, что задняя и центральная часть человеческого мозга, включая мозговой ствол, мозжечок и подкорковые узлы, почти идентична по строению мозгу рептилий. Эти структуры, известные как «рептильный мозг», – самые древние структуры мозга, – управляют фундаментальными функциями организма, такими как равновесие, дыхание, пищеварение, сердцебиение и поддержание кровяного давления. Кроме того, они контролируют такие поведенческие схемы, как драка, охота, спаривание и территориальность, необходимые для выживания и воспроизведения себе подобных. Рептильный мозг существует примерно 500 млн лет (рис. 3).

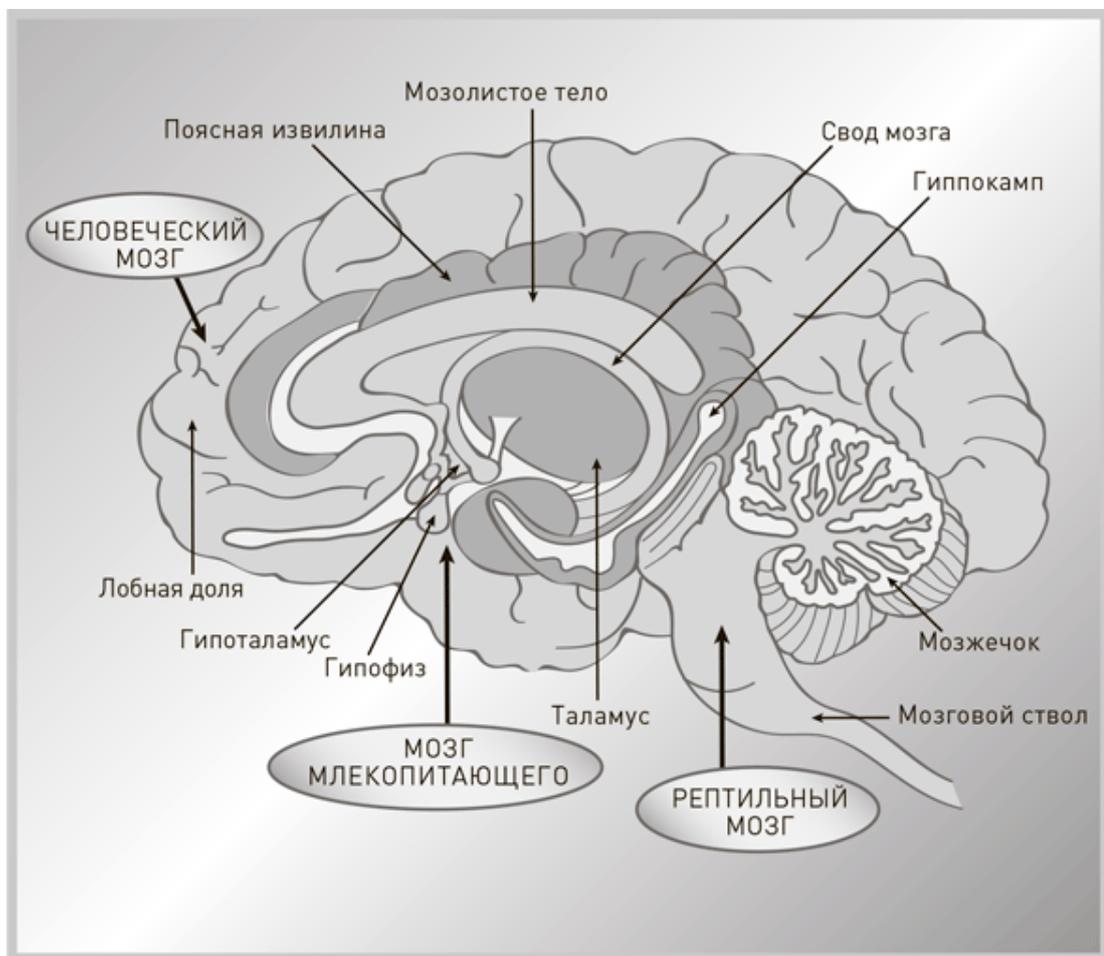


Рис. 3. Эволюционная история мозга: рептильный мозг, лимбическая система (мозг млекопитающего) и неокортекс (человеческий мозг). Очень приблизительно можно сказать, что эволюция шла от мозга рептилий к мозгу млекопитающих и далее к человеческому мозгу

Но по мере того как наши предки эволюционировали от рептилий к млекопитающим, мозг усложнялся, развиваясь и формируя совершенно новые структуры. Так возник мозг мле-

копитающего, или лимбическая система, которая расположена возле центральной части мозга и окружает структуры рептильного мозга. Лимбическая система развита у животных, живущих социальными группами, в частности у человекообразных обезьян. Кроме того, она содержит структуры, определяющие эмоции. Динамика социальных групп может быть достаточно сложной, и лимбическая система необходима, чтобы различать потенциальных врагов, союзников и соперников.

Среди частей лимбической системы, управляющих жизненно важными для социальных животных поведенческими схемами, можно назвать:

- гиппокамп – это ворота памяти, где кратковременные воспоминания преобразуются в долговременные. Название этой области переводится как «морской конек», что объясняется ее странной формой. Повреждение гиппокампа лишает человека способности сохранять воспоминания. Он навсегда остается пленником настоящего времени;
- мозжечковая миндалина – место, где эмоции, в первую очередь страх, регистрируются и формируются. Название тоже дано по форме;
- таламус – это что-то вроде релейной станции, которая собирает сенсорную информацию от мозгового ствола и направляет ее в разные участки коры. Название означает «внутренняя полость»;
- гипоталамус – этот орган регулирует температуру тела, суточный ритм, голод, жажду и некоторые аспекты размножения и наслаждения. Располагается он под таламусом – отсюда и название.

Наконец, у нас имеется третья, самая молодая область мозга млекопитающих – кора, внешний слой мозга. Самая поздняя в эволюционном отношении структура коры головного мозга – неокортекс (новая кора), который управляет когнитивным поведением. Лучше всего эта структура развита у человека: она составляет 80 % массы мозга, но при этом представляет собой лист толщиной с салфетку. У крыс неокортекс гладкий, а у людей он сильно извит; благодаря этой извитости в черепе человека умещается лист большой площади.

Мозг человека в определенном смысле напоминает музей, в котором хранятся остатки всех стадий эволюции человека на протяжении миллионов лет, когда мозг резко увеличивался по размеру и расширял свою функциональность. (Примерно такой же путь проходит младенец после рождения. Его мозг растет, возможно, имитируя этапы эволюции человека.)

Неокортекс выглядит скромно и не слишком внушительно, но внешность обманчива. Вы можете полюбоваться изысканной архитектурой мозга под микроскопом. Серое вещество состоит из миллиардов крохотных клеток, называемых нейронами. Они, как абоненты гигантской телефонной сети, получают сообщения от других нейронов по дендритам – отросткам, выходящим из одного конца нейрона. Из другого конца нейрона выходит длинное волокно, называемое аксоном. Аксон может через дендриты соединиться примерно с 10 000 нейронов. В точке соединения аксона с дендритом имеется крохотный промежуток – так называемый синапс. Синапсы работают как клапаны, регулируя поток информации в мозгу. Особые химические вещества, так называемые нейромедиаторы, могут проникать в синапс и влиять на ток сигналов. Такие нейромедиаторы, как дофамин, серотонин и норадреналин, помогают управлять потоками информации, движущимися по мириадам нервных путей, и оказывают мощное влияние на настроение, эмоции, мысли и сознание человека (рис. 4).

Это описание мозга примерно отражает состояние науки в 1980-е гг. Однако в 1990-е гг., когда развитие физики привело к появлению новых технологий, механизмы мышления стали изучаться в мельчайших подробностях, а нейробиологию ожидал бум научных открытий. Одной из рабочих лошадей, обеспечивших успех этой революции, стал аппарат МРТ.

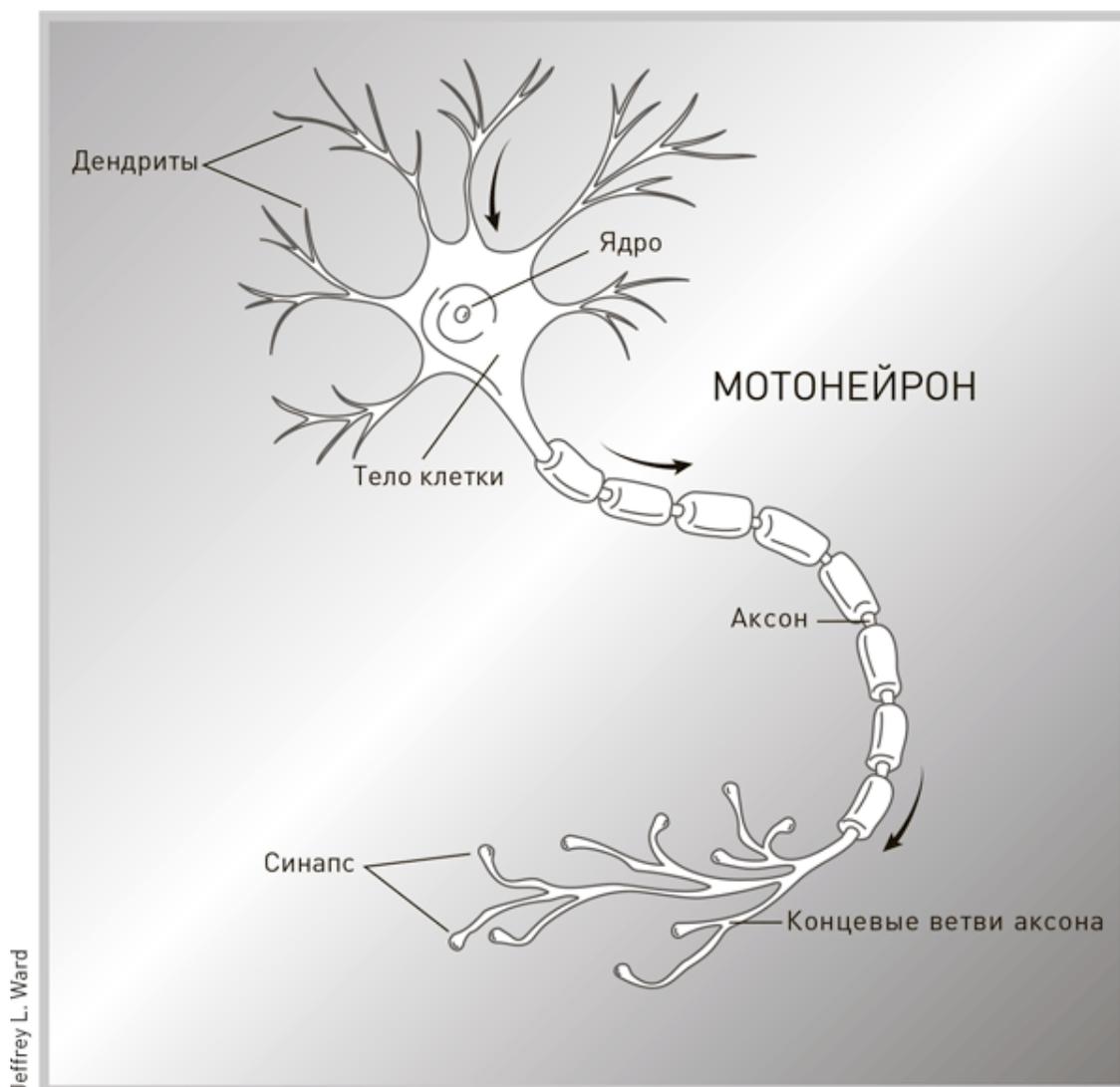


Рис. 4. Схема нейрона. Электрические сигналы движутся вдоль нейронного аксона, пока не доберутся до синапса. Нейромедиаторы регулируют прохождение электрических сигналов через синапсы

## МРТ: окно в мозг

Чтобы понять, почему принципиально новая техника помогла расшифровать процессы, происходящие в действующем мозге, нам придется вспомнить некоторые фундаментальные принципы физики.

Радиоволны – один из видов электромагнитного излучения – способны проходить сквозь живую ткань, не причиняя ей вреда. Аппараты МРТ, используя это свойство радиоволн, исследуют нашу черепную коробку. Технология магнитно-резонансного сканирования позволяет получить великолепные фотографии того, что прежде никто не рассчитывал когда-либо увидеть и запечатлеть: внутреннее устройство мозга и его деятельность в процессе работы, при различных эмоциях и при получении информации от органов чувств. Наблюдая танец крохотных огоньков в аппарате МРТ, можно проследить за движением мысли внутри мозга. Мозг при этом напоминает часы с открытым механизмом, где видно, как все устроено, и можно наблюдать за ритмичным движением крохотных рычажков и шестеренок.

Первое, что бросается в глаза при взгляде на аппарат МРТ, – это громадная цилиндрическая магнитная катушка, способная создать магнитное поле, в 20 000–60 000 раз превосходящее по мощности магнитное поле Земли. Именно из-за этого гигантского магнита аппарат МРТ может весить, к примеру, тонну, занимать целую комнату и стоить несколько миллионов долларов. (Аппараты МРТ безопаснее рентгеновских, поскольку не порождают вредных ионов. При компьютерной томографии, которая тоже способна давать трехмерные изображения, организм получает во много раз более серьезную дозу облучения, чем при обычном рентгеновском исследовании, поэтому проведение КТ-исследований нужно тщательно регулировать. Напротив, аппараты МРТ при надлежащей эксплуатации безопасны, проблемы могут возникнуть лишь из-за небрежности работников. В этих аппаратах создается настолько мощное магнитное поле, что при несвоевременном включении оставленные без присмотра металлические инструменты летят с огромной скоростью. Бывало, что люди при этом получали травмы и даже погибали.)

Аппарат МРТ работает следующим образом: пациент ложится на спину, и его на каталке задвигают внутрь цилиндра, в котором располагается две большие катушки, создающие магнитное поле. При включении магнитного поля ядра атомов в теле человека ведут себя примерно как стрелка компаса и выстраиваются вдоль силовых линий поля. Затем подается короткий радиоимпульс, заставляющий некоторые ядра развернуться. Позже, при возвращении в нормальное положение, эти ядра порождают вторичный импульс излучения, который принимается и анализируется аппаратом. Анализ этого слабого «эха» позволяет определить положение и природу излучающих атомов. Если летучая мышь умеет при помощи эха определять положение объектов на своем пути, то аппарат МРТ позволяет улавливать излучение мозга, после чего компьютеры реконструируют положение атомов и строят красивые трехмерные графические изображения.

Вначале, когда аппараты МРТ только появились, они могли показывать структуру мозга лишь в статике и на различных его участках. Однако в середине 1990-х гг. был изобретен новый вид МРТ, получивший название функциональной магниторезонансной томографии, или фМРТ; и теперь аппараты уже различали присутствие кислорода в крови в сосудах мозга. (Иногда ученые обозначают маленькой буквой перед аббревиатурой МРТ тип аппарата, но мы будем использовать аббревиатуру МРТ во всех случаях.) На полученных при помощи МРТ изображениях не виден непосредственно ток электричества в нейронах, но поскольку без кислорода нейроны не получают энергии, насыщенная кислородом кровь косвенно указывает на поток электрической энергии в нейронах и наглядно показывает, как различные области мозга взаимодействуют между собой.

МРТ-изображения опровергли представление о том, что мышление сосредоточено в едином центре. Напротив, можно видеть, что в процессе мышления электрическая энергия циркулирует по различным частям мозга. Отслеживая путь, который проходят мысли в голове человека, МРТ-аппараты помогли пролить свет на природу болезней Альцгеймера и Паркинсона, шизофрении и других психических заболеваний.

Серьезным преимуществом МРТ-аппаратов является то, что они могут с высокой точностью выделять крохотные, вплоть до десятых долей миллиметра, участки мозга и рассматривать их отдельно. МРТ-изображение – не просто точки на двумерном экране (пиксели), а точки в трехмерном пространстве (воксели): в результате исследования мы получаем яркое трехмерное изображение мозга, сложенное из десятков тысяч цветных точек.

Различные химические элементы реагируют на разные частоты радиоволн по-разному, поэтому мы можем, изменяя частоту волны, определять, где какие элементы находятся. Как уже отмечалось, при фМРТ в основном отслеживаются атомы кислорода в крови и измеряют кровоток, но вообще-то аппарат МРТ можно настроить на любое вещество. В последнее десятилетие появилась новая разновидность МРТ – диффузионно-тензорная; она отслеживает

движение воды в объеме мозга. Вода в мозге следует по нейронным путям, поэтому диффузионно-тензорная томография позволяет получить красивые картинки, напоминающие переплетение растущих в саду лиан. Теперь ученые могут мгновенно определить, как части мозга связаны между собой.

Однако у технологии МРТ есть и недостатки. Пространственное разрешение аппаратов МРТ не имеет себе равных и позволяет довести параметры вокселя до размера булавочной головки во всех трех измерениях, а вот временное разрешение их подкачало. Чтобы сделать снимок кровотока мозга, требуется почти секунда; может быть, это немного, но если вспомнить, что электрические сигналы проходят сквозь мозг почти мгновенно, то получается, что МРТ может зарегистрировать не все детали мыслительного процесса.

Еще один недостаток – цена, составляющая миллионы долларов; врачам нередко приходится коллективно пользоваться одним аппаратом. Но, как часто бывает, развитие технологии со временем приведет к снижению стоимости аппаратуры.

А пока бешеные цены не остановили активного поиска коммерческих приложений этой технологии. В частности, есть идея использовать аппарат МРТ в качестве детектора лжи; по результатам некоторых исследований с его помощью можно выявить ложь в 95 % случаев. Вообще-то точность пока под вопросом, но основная идея заключается в том, что, когда человек лжет, он одновременно должен знать правду, сострять ложь и быстро проанализировать, насколько эта ложь согласуется с уже известными фактами. Сегодня некоторые компании утверждают, что, когда человек лжет, на МРТ-изображениях префронтальная кора и теменная доля буквально вспыхивают. Точнее, активизируется орбитофронтальная кора (которая, помимо прочего, может служить «контролером» и предупреждать мозг, если что-то не так). Располагается эта область мозга непосредственно за глазами, отсюда и название. Согласно теории, орбитофронтальная кора отличает правду от лжи и в результате перевозбуждается. (Когда человек говорит неправду, возбуждаются и другие области мозга, такие как верхнемедиальная и нижнебоковая части префронтальной коры, задействованные в когнитивных процессах.)

На данный момент существует несколько коммерческих фирм, предлагающих детекторы лжи на основе МРТ, и первые результаты их применения уже использовались в качестве доказательств в ходе судебных заседаний. Но важно отметить, что такие МРТ-изображения указывают на повышение активности мозга лишь в некоторых областях. Если результаты расшифровки ДНК иногда достигают точности один к миллиарду или даже выше, то МРТ-изображения не могут быть настолько точными, поскольку в придумывании лжи задействованы многие области мозга, которые отвечают за обработку и совершенно иных мыслей.

## Электроэнцефалограмма

Еще один полезный инструмент проникновения в мозг – электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Эта методика появилась в 1924 г., но лишь с использованием компьютеров стало возможным разобраться в данных, получаемых с каждого электрода.

При электроэнцефалографическом исследовании пациенту на голову обычно надевают шлем футуристического вида с десятками электродов на внутренней поверхности. (В более продвинутых аппаратах на голову поверх волос надевают сеточку с закрепленными на ней крохотными электродами.) Электроды регистрируют циркулирующие внутри мозга крохотные электрические сигналы.

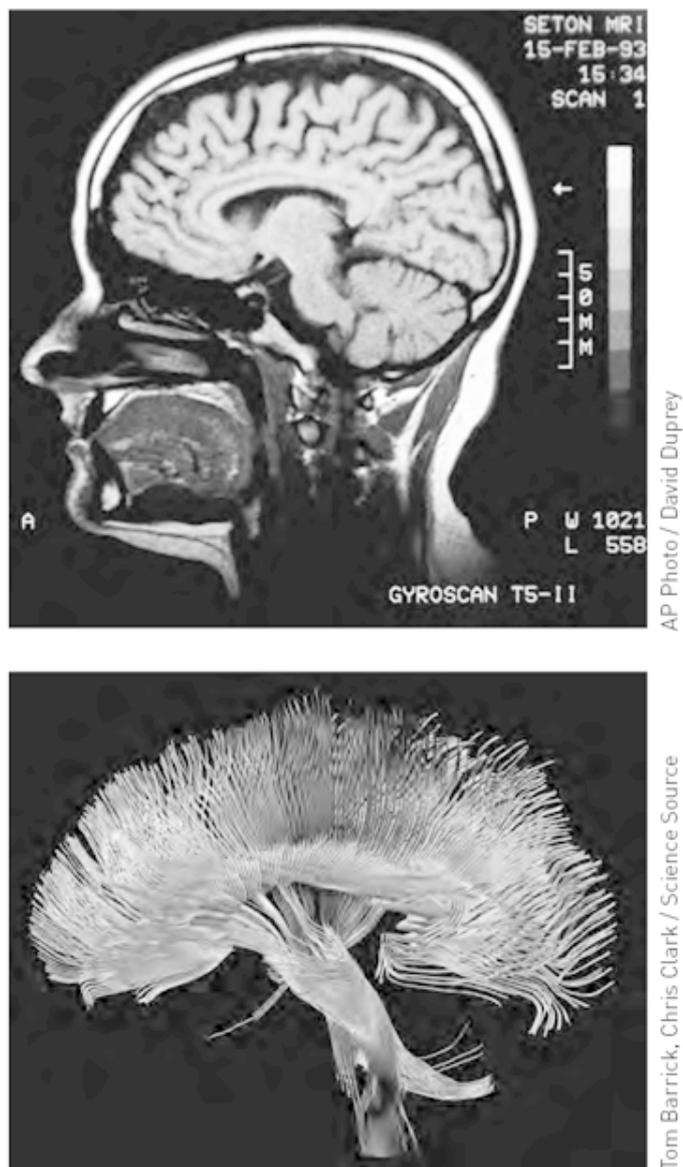


Рис. 5. Наверху изображение, снятое аппаратом функциональной МРТ и показывающее области высокой ментальной активности. На нижнем изображении показана структура, напоминающая цветок; ее создает аппарат диффузионной МРТ, способный отслеживать нейронные пути и соединения мозга

Электроэнцефалограмма в некоторых вопросах принципиально отличается от МРТ-изображения. МРТ-аппарат, как мы говорили, «выстреливает» в мозг радиоимпульсами, а затем анализирует полученное «эхо». Таким образом, можно, меняя частоту импульсов, выбирать для исследования разные атомы, что делает методику универсальной и гибкой. ЭЭГ-аппарат совершенно пассивен, т. е. он исследует слабые электромагнитные сигналы, которые излучает сам мозг. ЭЭГ прекрасно регистрирует электромагнитные сигналы, заполняющие мозг; это позволяет ученым измерять общую активность мозга во время сна, в состоянии сосредоточенности или расслабленности, при обдумывании каких-то идей и т. д. Различные состояния сознания излучают на разных частотах. К примеру, глубокий сон соответствует дельта-ритму – колебаниям с частотой 1–4 Гц. Состояние активной мыслительной деятельности, скажем при решении задач, соответствует бета-ритму – колебаниям с частотой 12–30 Гц. Эти коле-

бания позволяют разным областям мозга, даже расположенным на противоположных его концах, делиться информацией и «общаться» друг с другом. И если аппарат МРТ, измеряющий кровоток, может проводить сканирование лишь несколько раз в секунду, то ЭЭГ регистрирует электрическую активность мгновенно.

Но самым серьезным преимуществом процедуры ЭЭГ является ее простота и дешевизна. Даже школьники дома могут экспериментировать с шапочками ЭЭГ.

Главный же недостаток ЭЭГ, многие годы сдерживавший развитие метода, – его низкое пространственное разрешение. Датчики ЭЭГ улавливают электрические сигналы после их рассеяния при прохождении сквозь череп, поэтому зарегистрировать необычную активность, если ее источник располагается глубоко в мозгу, чрезвычайно трудно. Глядя на размытое ЭЭГ-изображение, почти невозможно сказать наверняка, в какой области мозга находится источник того или иного сигнала. Более того, любые движения испытуемого (если он, например, шевельнет пальцем) могут исказить сигнал, а иногда и сделать его совершенно бесполезным.

## **Позитронно-эмиссионная томография**

Еще один полезный инструмент из мира физики – позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), при которой по присутствию глюкозы (молекулы сахара, играющей роль топлива и источника энергии для клеток) рассчитывается ток энергии в мозгу. Подобно камере Вильсона, которую я строил в школьные годы, аппарат ПЭТ регистрирует элементарные частицы, излучаемые атомами натрия-22 в молекулах глюкозы. Чтобы провести ПЭТ-исследование, пациенту вводят особый раствор, содержащий слаборадиоактивный сахар, в котором атомы обычного натрия заменены на атомы радиоактивного натрия-22. Распадаясь, каждый атом натрия испускает позитрон, который легко регистрируется датчиками. Отследив путь радиоактивных атомов натрия в сахаре, можно определить и ток энергии внутри мозга.

ПЭТ-исследование обладает большинством преимуществ, характерных для МРТ, но не дает столь же высокого пространственного разрешения. Зато и измеряется здесь не ток крови, который может служить лишь косвенным показателем потребления энергии в организме, а непосредственно потребление энергии, поэтому ПЭТ-исследование точнее отражает нервную деятельность.

Однако у метода ПЭТ тоже есть недостаток. В отличие от МРТ и ЭЭГ, при ПЭТ-исследовании используются радиоактивные вещества, поэтому его нельзя проводить много раз подряд. В среднем человеку разрешается делать ПЭТ-исследования не чаще одного раза в год из-за риска облучения.

## **Магнетизм в мозгу**

В последнее десятилетие в арсенале нейробиологов появилось немало высокотехнологичных методов, в том числе метод транскраниального электромагнитного сканирования (ТЭС), магнитоэнцефалография (МЭГ), спектрография в ближней инфракрасной области спектра и оптогенетика.

В частности, электромагнитное излучение использовалось для систематического отключения отдельных частей мозга без вскрытия. В физическом смысле эти инструменты основаны на том факте, что быстро меняющееся электрическое поле может порождать магнитное поле, и наоборот. МЭГ пассивно измеряет магнитное поле, порождаемое переменным электрическим полем мозга. Это чрезвычайно слабое магнитное поле составляет всего лишь одну миллиардную магнитного поля Земли. Подобно ЭЭГ, МЭГ дает прекрасное временное разрешение, вплоть до тысячных долей секунды; однако пространственное разрешение у этого метода низкое – около кубического сантиметра.

В отличие от пассивных измерений МЭГ, ТЭС генерирует мощный электрический импульс, который, в свою очередь, порождает импульс магнитный. Аппарат ТЭС располагается рядом с мозгом, так что магнитный импульс проникает внутрь черепа и порождает в мозгу еще один электрический импульс. Этого вторичного импульса достаточно, чтобы вообще отключить или сильно ослабить активность выбранных областей мозга.

Прежде ученым приходилось полагаться на случай, отключая некоторые части мозга, а, следовательно, прояснить, за что именно эти части отвечают, могли только удар или опухоль. Но теперь с помощью ТЭС можно без труда и вреда для здоровья пациента отключить или приглушить активность любой области мозга по желанию. Направив магнитный импульс в конкретную область мозга, можно определить ее функцию, просто наблюдая за тем, как изменилось поведение пациента. (К примеру, если подействовать на левую височную долю мозга, можно убедиться, что это отрицательно повлияет на речь человека.)

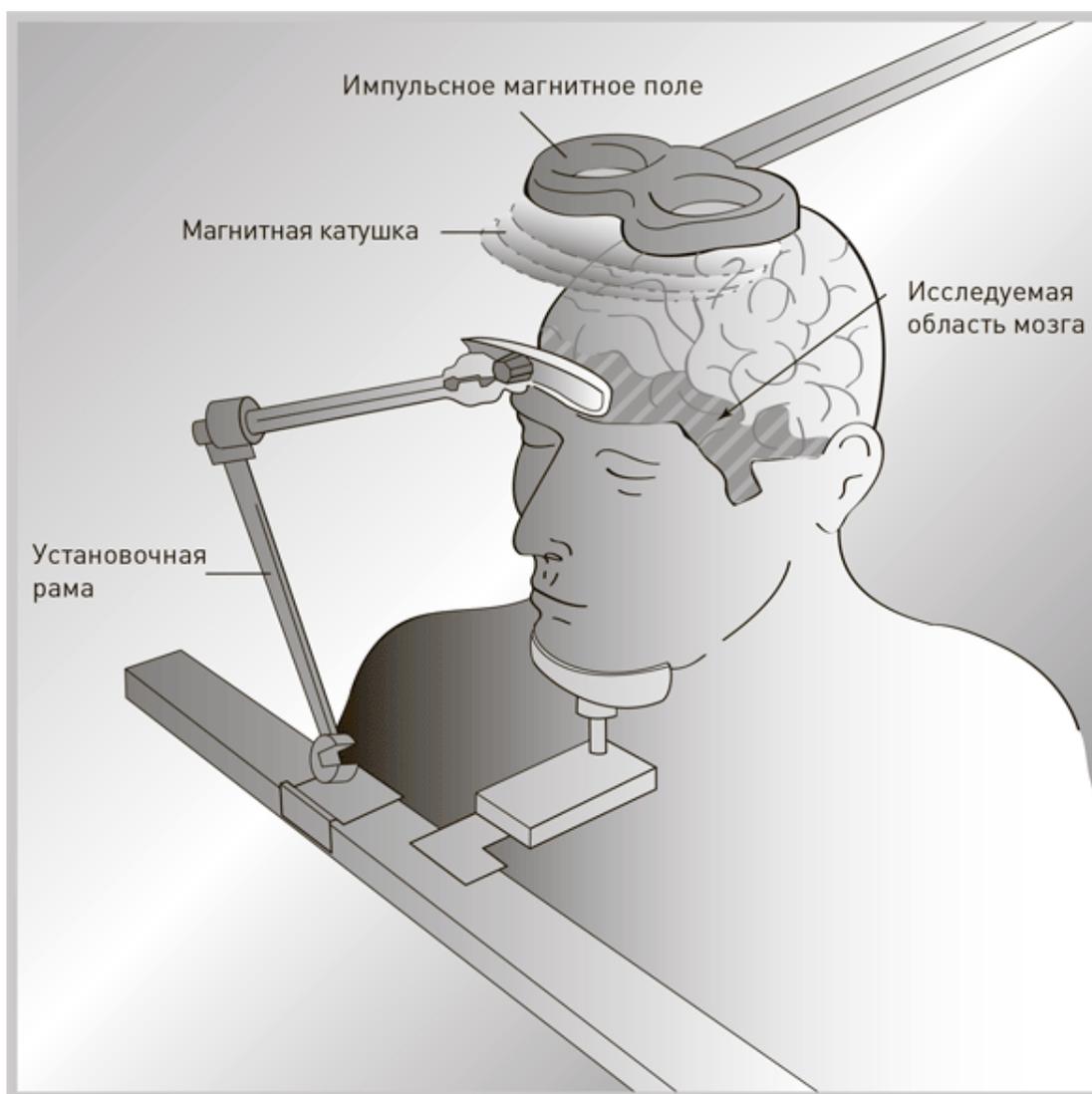


Рис. 6. Транскраниальный электромагнитный сканер и магнитоэнцефалограф вместо радиоволн для проникновения в череп и определения характера деятельности мозга используют магнитное поле. Импульс способен на время отключать части мозга, позволяя ученым без опасности для здоровья пациента определить, насколько хорошо работают эти области (теперь не нужно ждать травмы, которая поможет выявить болезнь)

Единственный потенциальный недостаток ТЭС – то, что магнитное поле не проникает глубоко внутрь мозга (поскольку магнитное поле ослабевает с расстоянием намного быстрее, чем электричество, для которого характерна обратно-квадратичная зависимость). При помощи ТЭС можно легко отключать области мозга вблизи стенок черепа, но магнитное поле не в состоянии добраться до важных нервных центров, расположенных в глубине мозга, таких как лимбическая система. Не исключено, впрочем, что следующим поколениям аппаратов ТЭС удастся преодолеть эту техническую проблему; возможно, для этого придется увеличить интенсивность импульса и точность приложения магнитного поля.

## **Стимуляция глубинных структур мозга (нейростимуляция)**

Еще один инструмент, доказавший необходимость в нейробиологии, – стимуляция глубинных структур мозга. Начиналось все у доктора Пенфилда с довольно грубого зондирования. Сегодня используют электроды не тоньше волоса, да и вводить их в заданную область в глубине мозга научились очень точно. Этот метод не только позволил ученым определить функцию различных участков мозга, но и оказался полезен в лечении психических расстройств, к примеру, болезни Паркинсона, при которой определенные области мозга перевозбуждаются и вызывают неуправляемое дрожание рук.

Не так давно мишенью для электродов стала новая область мозга (известная как поле 25 по Бродману), которая у пациентов в депрессии, не реагирующих на психотерапию и лекарства, часто находится в перевозбужденном состоянии. Нейростимуляция приносит таким пациентам, страдавшим годами, почти волшебное облегчение.

Каждый год для нейростимуляции находят новые сферы применения. Практически все серьезные расстройства мозга сегодня исследуются заново с помощью этой и других технологий сканирования мозга. В результате возникла интереснейшая область исследований по диагностике и даже лечению самых разных заболеваний.

## **Оптогенетика – включаем мозг**

Но самым новым и интересным, может быть, инструментом в арсенале нейробиолога является оптогенетика, когда-то считавшаяся научной фантастикой. Она, как волшебная палочка, позволяет активировать отдельные нервные пути, контролирующие поведение, при помощи направленного на мозг светового луча.

Невероятно, но светочувствительный ген, вызывающий срабатывание клетки, можно вставить с хирургической точностью прямо в нейрон. После операции такой нейрон можно активировать в любой момент, просто осветив его лучом света. Но что еще важнее, эта операция позволяет ученым возбуждать подготовленные таким образом нервные пути в любой момент, т. е. по желанию включать и выключать определенные схемы поведения.

Этой технологии всего десять лет, но оптогенетики уже добились успеха в управлении некоторыми типами поведения у животных. Так, повернув выключатель, можно заставить плодовых мушек дружно взлететь, дождевых червей – прекратить извиваться, а мышей – бегать кругами. Уже начаты исследования на обезьянах и обсуждаются эксперименты на людях. Ученые всерьез надеются, что эта технология найдет непосредственное применение в лечении таких расстройств, как болезнь Паркинсона и депрессия.

## Прозрачный мозг

Помимо оптогенетики есть еще один метод исследований, позволяющий сделать мозг полностью прозрачным и открыть все его нервные пути даже невооруженному взгляду. В 2013 г. ученые из Стэнфордского университета объявили, что им удалось сделать прозрачным мозг мыши, а также отдельные части человеческого мозга. Известие было настолько поразительным, что попало на первую страницу *New York Times* с заголовком «Мозг стал прозрачным, как желе, чтобы ученым было удобнее».

Если перейти на клеточный уровень, то окажется, что каждая клетка сама по себе прозрачна и все ее микроскопические компоненты прекрасно видны. Однако миллиарды клеток, собранные вместе и образующие какой-нибудь орган, например тот же мозг, выглядят иначе. К клеткам добавляются липиды (жиры, масла, парафины и другие химические вещества, не растворимые в воде), что, собственно, и делает орган непрозрачным. Ключевой момент новой технологии исследований – удаление липидов при сохранении нейронов. Исследователи из Стэнфордского университета погрузили мозг в гидрогель (гелеподобную субстанцию, состоящую преимущественно из воды), способный связываться с любыми молекулами мозга, за исключением липидов. Затем мозг положили в мыльный раствор и поместили в электрическое поле; раствор вымыл из мозга липиды, оставив его прозрачным. Немного краски – и нервные пути становятся видимыми. Можно зафиксировать их и составить карту.

В принципе, получение прозрачных тканей не ново, но создать в точности нужные условия для того, чтобы прозрачным стал весь мозг, очень непросто; процесс потребовал изобретательности. «Я сжег или расплавил больше сотни органов», – признается доктор Кванхунь Чун, один из ведущих исследователей. Новую методику, получившую название CLARITY, можно применять и к другим органам (и даже к органам, много лет хранившимся в формалине или других консервирующих веществах). Доктору Чуну уже удалось получить образцы прозрачной печени, легкого и сердца. Эта методика найдет множество применений во всех областях медицины. Достаточно сказать, что с ее помощью можно будет намного быстрее локализовать и нанести на карту нервные пути мозга, на исследование которых в настоящее время направлены огромные научные и материальные ресурсы.

## Четыре фундаментальные силы

Успех, достигнутый первым поколением аппаратов сканирования мозга, нельзя не назвать поразительным. Если до появления подобных аппаратов в строении мозга выделялось около 30 областей, то сегодня только аппарат МРТ способен определить в мозгу две-три сотни областей, что открывает для исследователей мозга новые горизонты. Но возникает вопрос. Если физика всего за 15 лет смогла предложить нейробиологии так много новых технологий сканирования, то, может быть, будут и еще? На этот вопрос следует ответить положительно, но стоит иметь в виду, что эти технологии будут не принципиально новыми изобретениями, а вариантами и улучшениями уже существующих. Дело в том, что есть лишь четыре силы – гравитационная, электромагнитная, слабая и сильная ядерные, – которые управляют Вселенной.

Источником практически всех новых технологий сканирования (за исключением технологии ПЭТ, основанной на слабом ядерном взаимодействии) является электромагнитная сила – результат взаимодействия электрической энергии и магнитного поля, – с помощью которой, в частности, освещаются и наши города. Физики работают с электромагнитной силой уже больше полутора веков и хорошо научились создавать всевозможные электрические и магнитные поля, поэтому любые технологии сканирования мозга вряд ли окажутся чем-то принципиально новым; скорее всего, это будут новые модификации уже существующих методов.

Как обычно и бывает, размеры и стоимость этих устройств со временем сильно уменьшатся, что позволит намного шире использовать эти сложные инструменты. Физики уже прикидывают, нельзя ли встроить аппарат МРТ в сотовый телефон. Но все же главная проблема всех аппаратов сканирования мозга – разрешение, как пространственное, так и временное. Пространственное разрешение МРТ повысится, если магнитное поле станет более однородным, а электроника – более чувствительной. В настоящее время аппараты МРТ различают воксели размером до доли миллиметра. Но каждый такой воксел может содержать сотни тысяч нейронов. Новые технологии сканирования, вероятно, увеличат разрешающую способность приборов. Священным Граалем такого подхода могло бы стать создание МРТ-сканера, способного различать отдельные нейроны и связи между ними.

Временное разрешение аппаратов МРТ также ограничено, поскольку они анализируют движение насыщенной кислородом крови в мозгу. Сам аппарат имеет очень хорошее временное разрешение, но отслеживание тока крови замедляет работу. В будущем аппараты МРТ научатся отслеживать и другие вещества, непосредственно связанные со срабатыванием нейронов; появится возможность анализировать ментальные процессы в реальном времени. Какими бы впечатляющими ни были успехи нейробиологии за последние 15 лет, это лишь начало. Главное – впереди.

## Новые модели мозга

Исторически с каждым новым научным открытием на свет появлялась новая модель мозга. Одной из первых таких моделей было представление о гомункулусе – человечке, который жил в мозгу и принимал все решения. Пользы от такой картинки было немного, поскольку она никак не объясняла, что происходит в мозгу гомункулуса. Может быть, в нем прятался следующий гомункулус.

С появлением простых механических устройств была предложена другая модель мозга: машина, похожая на часы, с механическими колесиками и шестеренками. Этой аналогией пользовались ученые и изобретатели, такие как Леонардо да Винчи (он даже сконструировал механического человека).

В конце XIX в., когда сила пара создавала мировые империи, родилась новая аналогия – паровая машина, в которой потоки энергии конкурируют друг с другом. Такая гидравлическая модель, считают историки, оказала влияние на картину мозга по Зигмунду Фрейду, где шла бесконечная борьба трех начал: эго (представляющее личность и рациональное мышление), ид (представляющее подавленные желания) и супер-эго (представляющее сознание). В этой модели, если из-за конфликта между этими тремя началами накапливается слишком большое давление, может произойти регрессия эго или общий сбой системы. Модель, конечно, остроумная, но даже сам Фрейд признавал, что для ее окончательной проработки нужны детальные исследования мозга на уровне нейронов, на что уйдет еще лет сто.

С развитием телефонии в начале XX в. появилась другая аналогия – гигантского коммутатора. Мозг был представлен в виде путаницы телефонных проводов, связанных в обширную сеть. Роль сознания играл длинный ряд телефонных барышень перед большой коммутаторной панелью, занятых непрерывным подключением и отключением проводов. К несчастью, эта модель ничего не говорила о том, как все эти сообщения вместе образовывали мозг.

С развитием техники модной стала следующая модель – компьютер. Старомодный коммутатор сменили микросхемы с сотнями миллионов транзисторов. Может быть, разум – это всего лишь программа, работающая на человеческом мозге, как на компьютерном «железе». Эта модель в какой-то мере работает до сих пор, но у нее есть ограничения. Она не в состоянии объяснить, каким образом мозг проводит расчеты, для которых потребовался бы компьютер размером с хороший мегаполис. Плюс в мозгу нет программ, нет операционной системы

Windows и процессора Pentium. (Хотя ПК на Pentium работает быстро, у него есть свой недостаток: все расчеты должны проходить через процессор. В мозгу же все наоборот. Каждый нейрон срабатывает относительно медленно, но это с лихвой компенсируется тем фактом, что данные одновременно могут обрабатывать 100 млрд нейронов. Так что медленный параллельный процессор вполне способен превзойти очень быстрый единый процессор.)

Последняя по времени появления аналогия – Интернет, объединяющий миллиарды компьютеров. Сознание в этой модели – системный эффект, возникающий чудесным образом из коллективных действий миллиардов нейронов. (К сожалению, модель абсолютно ничего не говорит о том, как происходит такое чудо. Всю сложность мозга она проводит по ведомству теории хаоса, и дело с концом.)

Несомненно, в каждой из перечисленных аналогий есть зерно истины, но ни одна из них не в состоянии по-настоящему отразить сложность мозга. Однако мне кажется полезной (хотя и несовершенной) еще одна аналогия: мозг как крупная корпорация. В этой аналогии есть гигантская бюрократия и строгая иерархия, а также потоки информации между различными офисами. Но вся важная информация в конце концов оказывается в центре управления – у генерального директора. Именно там принимаются окончательные решения.

Если сравнение мозга с крупной корпорацией имеет право на существование, оно должно объяснять некоторые интересные свойства мозга:

- **Большая часть информации находится в «подсознании»,** т. е. генеральный директор, на свое счастье, понятия не имеет о полноводных потоках информации, непрерывно циркулирующих по бюрократическим каналам. Более того, лишь крохотная часть информации в конце концов попадает на стол высшего руководителя, которого можно сравнить с префронтальной корой. Генеральный директор знакомится только с теми данными, которые достаточно важны, чтобы заслужить его внимание; в противном случае его деятельность была бы парализована лавиной лишних сведений.

- Вероятно, такая организация работы мозга – побочный результат эволюции, поскольку наши предки в критических условиях не могли позволить себе перегружать мозг поверхностной подсознательной информацией. Мы, к счастью, попросту не замечаем всех тех триллионов операций, которые постоянно проделывает наш мозг. Встретив в лесу тигра, не обязательно думать о том, в каком состоянии в данный момент находится твой желудок, пальцы на ногах, волосы и т. п. Нужно только вспомнить, как бежать побыстрее.

- **«Эмоции» – это быстрые решения, рождающиеся самостоятельно на низком уровне.** Поскольку на рациональные мысли уходит много времени, а в критической ситуации нет времени на обдумывание, низкоуровневые области мозга должны быстро оценить ситуацию и принять решение (породить эмоцию) без разрешения сверху.

Таким образом, эмоции (страх, гнев, ужас и т. п.) – это мгновенно появляющиеся тревожные флажки, команда на которые отдается на низком уровне и назначение которых – предупредить управляющий центр о потенциально опасной или сложной ситуации. Сознание практически не контролирует эмоции. К примеру, как бы мы ни готовились к публичному выступлению, нервное напряжение никуда не денется.

Рита Картер, автор книги «Как работает мозг» (Mapping the Mind), пишет: «Эмоции – это вовсе не чувства, а набор физиологических механизмов выживания, появившихся в результате эволюции. Их задача – направить нас прочь от опасности, к тому, что может оказаться полезным».

- **За внимание руководителя идет постоянная борьба.** Но не существует единственного гомункулуса, ЦПУ или процессора Pentium, принимающего решения; вместо этого различные локальные центры в составе руководства постоянно соревнуются друг с другом за внимание директора. Поэтому мысли не идут гладкой непрерывной чередой; всевозможные обратные связи конкурируют между собой, порождая настоящую какофонию. Концепция

«Я» как единой цельной сущности, непрерывно принимающей все решения, – лишь иллюзия, порожденная подсознанием.

Сами мы чувствуем, что наше сознание едино, что оно непрерывно и ровно обрабатывает информацию и полностью контролирует все наши решения. Однако сканирование мозга дает совершенно иную, и объективную картину.

Профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Марвин Мински, один из отцов-основателей Лаборатории искусственного интеллекта, рассказал, что человеческий разум больше похож на «общество разумов», состоящее из подмодулей, которые постоянно борются между собой.

Во время беседы с психологом Гарвардского университета Стивеном Пинкером я спросил у него, как из всей этой путаницы возникает сознание. Он сказал, что сознание похоже на шторм, бушующий в голове. Подробнее об этом же он писал, что «интуитивное ощущение того, что существует некое руководящее “Я”, которое сидит в центре управления нашего мозга, смотрит на экраны с данными от органов чувств и нажимает на кнопки, передающие команды нашим мышцам, – всего лишь иллюзия. Скорее, сознание представляет собой водоворот событий, распределенных по всему мозгу. Эти события конкурируют за внимание, и, когда одному из них удастся перекричать все остальные, мозг задним числом рационально обосновывает результат и фабрикует впечатление о том, что все происходило под контролем единого центра».

• **Окончательные решения принимает генеральный директор в центре управления.** Почти вся бюрократия существует для того, чтобы собирать и систематизировать информацию для генерального директора, который встречается только с руководителями подразделений. Он пытается привести к общему знаменателю всю противоречивую информацию, поступающую в командный центр. Все интриги здесь заканчиваются. Генеральному директору, находящемуся в префронтальной коре, приходится принимать окончательное решение. Если у животных большинство решений принимается инстинктивно, человек принимает высокоуровневые решения после тщательного разбора и просеивания информации, поступающей от органов чувств.

• **Информационные потоки иерархичны.** Поскольку и вверх, в руководящий офис, и вниз, к исполнителям, должно проходить громадное количество информации, эту информацию необходимо организовывать в сложные системы встроенных сетей со множеством ответвлений. Представьте себе ель, где на верхушке располагается руководящий центр, а ниже – пирамида ветвей, ведущих к множеству менее важных центров.

Существует, разумеется, и разница между бюрократической системой и структурой мышления. Известно, что первое правило всякой бюрократии состоит в том, что «она расширяется и заполняет все выделенное пространство». Но пустые траты энергии – роскошь, которую мозг не может себе позволить. Мозг потребляет всего около 20 Вт мощности (как слабая лампа накаливания), но это, вероятно, максимум того, что он может забрать, не лишая остальное тело функциональности. Если тело будет вырабатывать больше тепла, ткани не выдержат. Поэтому мозг постоянно экономит энергию и пользуется для этого всевозможными уловками. По ходу изложения вы узнаете, какие хитроумные способы изобрела эволюция для упрощения различных действий.

## **Реальна ли в действительности «реальность»?**

Всем знакомо выражение «видеть – значит верить», однако многое из того, что мы видим, на самом деле иллюзия. К примеру, если мы видим перед собой типичный ландшафт, он представляется нам гладкой панорамой, как в кино. На самом же деле в нашем поле зрения есть зияющая дыра, соответствующая месту расположения зрительного нерва на сетчатке. По идее, мы должны видеть это безобразное черное пятно везде, куда бы ни смотрели. Но наш мозг

заполняет ее «обоями», усредняя и аппроксимируя окружающее. Иными словами, часть того, что мы видим, на самом деле подделка, состряпанная подсознанием.

Кроме того, по-настоящему четко мы видим только центральную часть поля зрения, приходящуюся на центральную ямку сетчатки (фовеа). Периферические участки видятся немного размыто, так на это уходит меньше энергии. Но центральная ямка на сетчатке очень мала. Поэтому, чтобы получить как можно больше информации, глаз постоянно движется, причем резко и скачками. Такое скачкообразное движение глазных яблок называется саккадой. Все это прodelывается подсознательно, на сознательном же уровне все поле зрения кажется нам четким и резким.

Когда я ребенком впервые увидел изображение электромагнитного спектра в его истинном величии, то был поражен. Я даже представить себе не мог, что очень значительная часть спектра (в частности, инфракрасный и ультрафиолетовый свет, рентгеновские и гамма-лучи) совершенно невидима для человеческого глаза. Именно тогда я начал понимать, что все, что вижу вокруг, – лишь крохотная часть того, что есть на самом деле, грубое приближение реальности. (Есть известное высказывание: «Если бы внешность всегда совпадала с сущностью, наука была бы не нужна».) На сетчатке глаза человека есть сенсоры, способные регистрировать только красный, зеленый и синий цвета. Это означает, что ни один человек никогда не видел желтого, коричневого, оранжевого и многих других цветов. Но такие цвета существуют, и мозг способен их аппроксимировать путем смешения красного, зеленого и синего в разных пропорциях. (Нечто подобное происходит на экране старого цветного телевизора, и это можно увидеть, если всмотреться внимательнее. Вместо картинки вы увидите лишь набор красных, зеленых и синих точек. Цветное телевидение – тоже иллюзия.)

Глаза обманывают нас и с объемом. На самом деле сетчатка глаза двумерна, но, поскольку у нас два глаза и располагаются они в нескольких сантиметрах друг от друга, мозг обрабатывает и совмещает получаемые с них изображения, давая нам ложное ощущение трехмерности. Если говорить о более далеких объектах, то мы можем оценивать расстояние до них по тому, как они смещаются, когда мы двигаем головой. Это явление называется параллакс.

(Именно параллаксом объясняются нередкие жалобы детей на то, что «Луна летит за мной». Поскольку мозгу трудно оценить параллакс такого далекого объекта, как Луна, при движении нам кажется, что светило всегда держится на одном и том же расстоянии «позади», но на самом деле это лишь иллюзия, порожденная тем, что мозг старается упростить себе задачу.)

## **Парадокс разделенного разума**

Один из моментов, по которым картина корпоративной иерархии отличается от реальной структуры мозга, можно проиллюстрировать на примере интересных случаев, связанных с разделением мозга. Надо сказать, что мозг отличается одним достаточно необычным свойством: он состоит из двух почти идентичных половинок, или полушарий, – правого и левого. Ученых давно интересовал вопрос, для чего мозгу эта ненужная избыточность – ведь он способен работать даже без одного полушария. Ни одна корпоративная машина не может похвастать подобным качеством. Более того, если каждое полушарие обладает своим сознанием, означает ли это, что у каждого из нас в одном черепе имеется два независимых центра сознания?

Доктор Роджер Сперри из Калифорнийского технологического института получил в 1981 г. Нобелевскую премию за демонстрацию того, что полушария мозга не являются точными зеркальными копиями друг друга, а выполняют самостоятельные и различные функции. Этот результат произвел в неврологии настоящий фурор (и породил волну сомнительных книг категории «помоги себе сам», обещающих привнести в вашу жизнь какие-то специфически лево- или правополушарные качества).

Доктор Сперри занимался лечением больных эпилепсией, страдающих судорожными припадками, которые часто вызываются расстройством обратных связей между двумя полушариями. Иногда из-за положительной обратной связи микрофон выходит из-под контроля и начинает дико верещать в уши; точно так же и подобный припадок может выйти из-под контроля и представлять опасность для жизни. Доктор Сперри начал с того, что рассек мозолистое тело, соединяющее полушария мозга; после этого полушария уже не могли общаться между собой и делиться информацией о левой и правой стороне тела. Как правило, обратная связь при этом исчезала, и припадки прекращались.

Поначалу пациенты с разделенным мозгом казались совершенно нормальными. Они были внимательны и могли поддерживать разговор, как если бы ничего не произошло. Но тщательное обследование показало, что кое в чем они серьезно отличались от остальных людей.

В обычных условиях мысли свободно путешествуют из полушария в полушарие, а сами они дополняют друг друга. Левое полушарие склонно к логическому анализу. Именно в нем базируются речевые навыки; правое полушарие склонно к холистике<sup>4</sup> и артистизму. Но, как правило, левое полушарие доминирует и принимает окончательные решения. Команды проходят из левого полушария в правое через мозолистое тело. Но, если эта связь разорвана, правое полушарие освобождается из-под диктата левого. Возможно, правое полушарие может обладать собственной волей, действующей вопреки желаниям доминирующего левого полушария.

Короче говоря, внутри одного черепа могут существовать две отдельные воли, иногда конкурирующие за контроль над телом. Возникает жутковатая ситуация, когда левая рука (под управлением правого полушария) начинает действовать независимо от желаний владельца, как чужая.

В одном случае, к примеру, мужчина собирался обнять жену, но если одна его рука выполнила этот приказ, то у другой оказались совершенно иные намерения. Она нанесла женщине удар в лицо. Еще одна женщина сообщала, что, когда она хочет взять, например, платье, ее вторая рука тянется к какой-то другой вещи. У одного мужчины даже возникла настоящая фобия: он боялся спать по ночам, опасаясь, что непослушная рука задушит его.

Временами людям с разделенным разумом кажется, что они живут внутри мультика, где по сюжету одна рука старается взять под контроль другую. Врачи иногда называют это явление синдромом доктора Стрэнджлава – из-за сцены в старом кинофильме, где руки устраивают целое сражение между собой.

После тщательного исследования пациентов с разделенным мозгом доктор Сперри пришел к выводу, что, действительно, в одном мозге могут существовать два отдельных разума. Он писал, что каждое полушарие «в самом деле, является самостоятельной системой сознания, способной воспринимать внешние сигналы, думать, вспоминать, рассуждать, хотеть и чувствовать, и все на вполне человеческом уровне, и... оба полушария могут мыслить одновременно, испытывая разные, даже конфликтующие между собой, ментальные переживания, которые развиваются параллельно».

Когда я беседовал с доктором Майклом Газзанигой из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, известнейшим специалистом в области разделенного разума, то задал ему вопрос: как можно проверить эту теорию? Оказалось, что существует несколько способов связываться с каждым полушарием, при которых второе полушарие не получит никакой информации. Можно, к примеру, надеть на испытуемого специальные очки, при помощи которых написанные вопросы можно показывать каждому глазу в отдельности, так что направить вопросы отдельно в каждое полушарие совсем несложно. Гораздо сложнее получить от них независимые ответы. Поскольку правое полушарие не умеет разговаривать (центр речи есть только в

---

<sup>4</sup> Холистика (от греч. «холос») – цельный, полный, а также здоровье, оздоровление и гармония – философское направление, которое рассматривает тело и дух в безупречной гармонии между собой и окружающей средой. – *Прим. ред.*

левом полушарии), получить ответы от него трудно. Чтобы выяснить, что «думает» правое полушарие, рассказал мне доктор Газзанига, он провел эксперимент, в ходе которого правое (немое) полушарие могло «говорить» при помощи буквочек из детской игры.

Для начала он спросил у левого полушария пациента, что тот собирается делать после окончания учебы. Пациент ответил, что хочет стать конструктором. Однако, когда тот же вопрос был задан правому полушарию, все стало намного интереснее. Правое полушарие выложило буквами «автомобильный гонщик». Втайне от доминирующего левого полушария правое вынашивало совершенно другие планы на будущее. Оно в буквальном смысле обладало собственным мнением и сознанием.

Рита Картер пишет: «Возможные последствия этого уму непостижимы. Получается, что каждый из нас, возможно, носит в своем черепе безгласного узника с собственной личностью, амбициями и сознанием, отличными от той сущности, какой мы себя считаем».

Может быть, в известном высказывании о том, что «внутри нас скрывается другая личность, рвущаяся на волю», есть своя правда. Это означало бы, что два полушария могут различаться даже в вопросах веры. Так, невролог Рамачандран описывает одного пациента с разделенным мозгом, который на вопрос о вере отвечал, что он атеист, но правое полушарие заявило, что он верующий. Очевидно, два различных отношения к вере и религии вполне уживаются в пределах одного мозга. Рамачандран продолжает: «Если этот человек умрет, что с ним будет? Неужели одно полушарие попадет в рай, а другое отправится в ад? Я не знаю, как ответить на этот вопрос».

(Исходя из этого, можно предположить, что человек с расщеплением личности может быть одновременно республиканцем и демократом. Если спросить, за кого он будет голосовать, он назовет кандидата от левого полушария, ведь правое не умеет разговаривать. А вот при заполнении бюллетеня результат, вероятно, будет зависеть от того, какой рукой человек будет писать.)

## Кто главный?

Доктор Дэвид Иглмен, нейробиолог из Бэйлорского медицинского колледжа, потратил немало времени и сил на исследования проблемы подсознания. Во время интервью я задал ему вопрос: если большая часть наших мыслительных процессов происходит в подсознании, то почему мы пребываем в неведении относительно этого немаловажного факта? Он привел мне в пример юного короля, который наследует трон и считает, что все в королевстве происходит по его воле, но при этом не имеет понятия о тысячах слуг, солдат и крестьян, необходимых для поддержки трона и обеспечения его устойчивости.

Мы принимаем решения, выбирая политиков, супруга, друзей и будущую профессию, и не замечаем, что в каждом случае выбор обусловлен вещами, которых мы не замечаем на сознательном уровне. (Странно, к примеру, говорит он, что «люди по имени Дэннис или Дениза с непропорционально большой вероятностью становятся дантистами, Лора или Лоренс – юристами<sup>5</sup>, Георгий или Георгина – геологами».) Это означает, то, что мы считаем «реальностью», – всего лишь аппроксимация, при помощи которой мозг заполняет пробелы. Каждый из нас видит реальность немного иначе, чем окружающие, чуть-чуть по-своему. К примеру, Иглмен указывает, что «по крайней мере 15 % женщин несут в себе генетическую мутацию, которая дает им дополнительный (четвертый) тип цветовых фоторецепторов, и это позволяет им различать цвета, которые всем остальным, т. е. обладателям всего лишь трех типов рецепторов, кажутся одинаковыми».

---

<sup>5</sup> Юрист по-английски lawyer (лойер). – Прим. пер.

Очевидно, чем больше мы узнаем о механике мышления, тем больше возникает вопросов. Что происходит в командном центре сознания при конфликте с мятежным теньвым центром? Вообще, что мы подразумеваем под «сознанием», если его можно разделить надвое? И в каких отношениях между собой находятся разум, сознание и «Я»?

Если мы сможем ответить на эти и другие сложные вопросы, то, вполне возможно, это станет началом пути к пониманию нечеловеческого сознания, сознания роботов и гипотетических пришельцев-инопланетян, к примеру, которые могут оказаться совершенно не похожими на наше сознание.

Давайте попробуем предложить ясный ответ на этот обманчиво сложный вопрос: что такое сознание?

## 2. Сознание с точки зрения физика

*Разум человека способен на все... потому что все уже есть в нем:  
и прошлое, и будущее.*

*Джозеф Конрад*

*Сознание может даже самого требовательного мыслителя  
довести до бессвязной болтовни.*

*Коллин Макгинн*

Концепция сознания столетиями занимала философов, но упорно не поддавалась – и до сих пор не поддается, надо сказать – простому определению. Философ Дэвид Чалмерс собрал данные более чем о 20 000 работ, посвященных этой теме; ни в одной другой области усилия столь многих ученых не давали на выходе столь мало общего, т. е. принятых всеми утверждений. Философ Готфрид Лейбниц, живший в XVII в., однажды написал: «Если бы можно было раздуть мозг до размеров мельницы, обойти все внутри и осмотреть, то все равно сознания бы там не обнаружилось».

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.