

МОЗГ

ВАША ЛИЧНАЯ ИСТОРИЯ



БЕСПРЕЦЕДЕНТНОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ,
ДЕМОНСТРИРУЮЩЕЕ, КАК ЖИЗНЬ ФОРМИРУЕТ ВАШ МОЗГ,
А МОЗГ ФОРМИРУЕТ ВАШУ ЖИЗНЬ.

ДЭВИД ИГЛМЕН

Дэвид Иглмен
Мозг: Ваша личная история

David Eagleman
THE BRAIN
The Story of You

© David Eagleman, 2015

© Гольдберг Ю., перевод на русский язык, 2016

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус»,
2016

КоЛибри®

* * *

Введение

Наука о мозге движется вперед так быстро, что мы не успеваем оглянуться, окинуть взглядом оставшийся за спиной пейзаж и понять, как влияют проведенные исследования на нашу жизнь, простыми и ясными словами сформулировать, что значит быть биологическим существом. Такая попытка сделана в этой книге.

Наука о мозге очень важна. Необычное вычислительное устройство внутри нашего черепа – это перцептивный аппарат, с помощью которого мы ориентируемся в мире и принимаем решения, а также место, где живет наше воображение. И сны, и сознательная жизнь определяются переключением миллиардов клеток. Изучение мозга проливает свет на то, что мы воспринимаем как реальность в личных отношениях или считаем необходимым в социальной политике: как мы сражаемся, почему любим, что принимаем за правду, как нужно учиться, как улучшить социальную политику и как нам проектировать наши тела для грядущих столетий. В микроскопических цепях мозга запечатлены и история нашего вида, и его будущее.

Учитывая, какую роль играет мозг в нашей жизни, я всегда удивлялся, почему в нашем обществе так редко обсуждают его, предпочитая заполнять радио- и телевизионный эфир разными реалити-шоу и сплетнями о знаменитостях. Но теперь мне кажется, что недостаток внимания к мозгу следует воспринимать скорее как некую подсказку, чем как недостаток: мы так прочно застряли в ловушке нашей реальности, что просто не способны осознать эту ловушку. На первый взгляд кажется, что предмета для обсуждения тут просто нет. Разумеется, в окружающем нас мире существуют цвета. Не подлежит сомнению, что наша память похожа на видеокамеру. А мне, конечно, известны истинные причины моих убеждений.

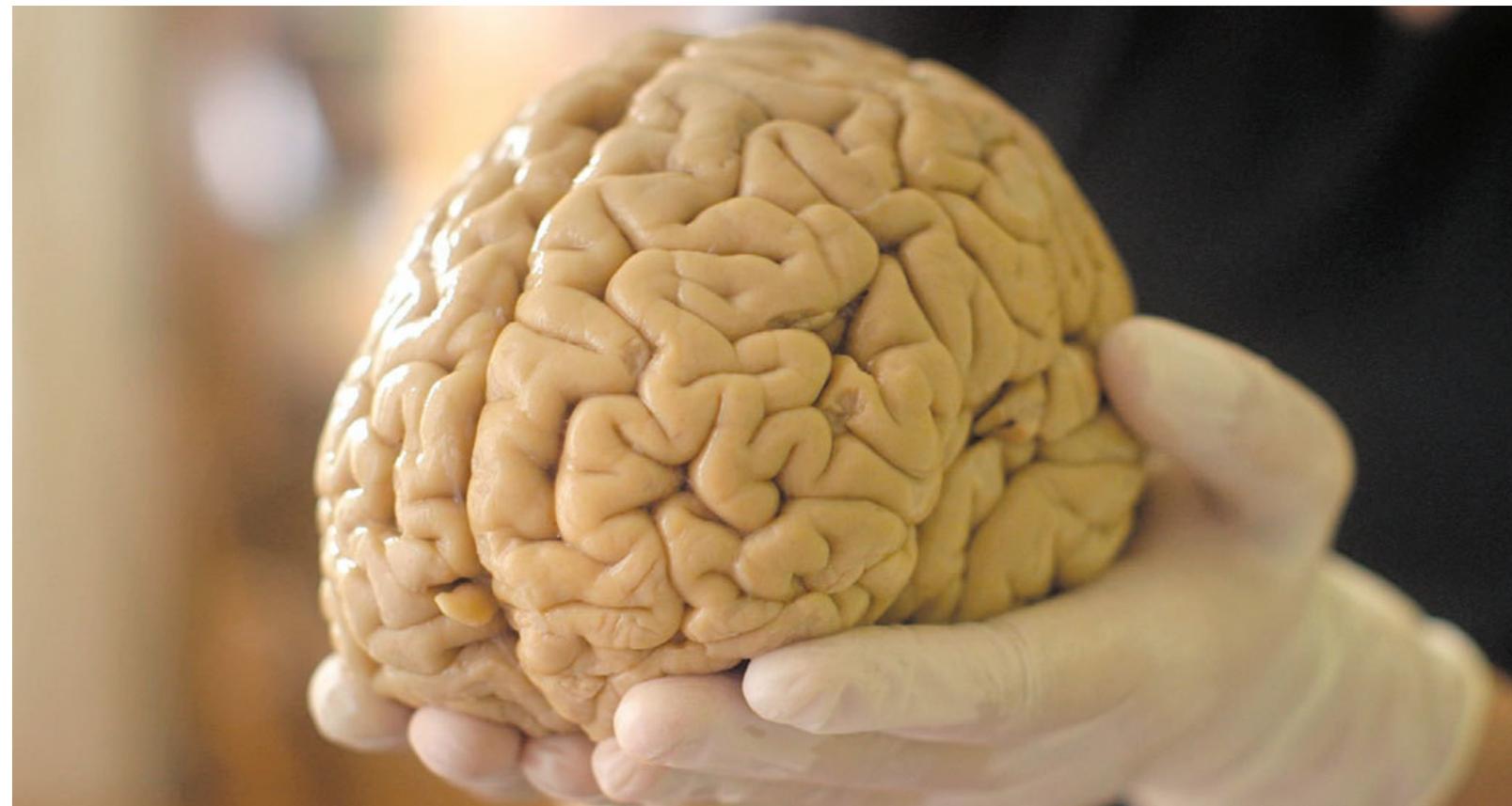
На страницах этой книги будут извлечены на свет все допущения, которые мы считаем естественными. Работая над ней, я хотел отказаться от шаблона учебника и осветить более глубокие вопросы: как мы принимаем решение, как воспринимаем реальность, кто мы такие, как мы управляем своей жизнью, почему нам нужны другие люди и в каком направлении мы будем развиваться как существа, только начинающие брать бразды правления в свои руки. Эта книга попытается заполнить пробел между научной литературой и жизнью, которую мы ведем, будучи хозяевами своего мозга. Подход, который я выбрал, отличается не только от моих научных статей, но и от других моих книг по нейробиологии. Этот проект предназначен совсем для другой аудитории. Он не требует никаких специальных знаний – только любопытства и стремления к познанию себя.

Итак, пристегните ремни перед кратким путешествием в наш внутренний космос. Надеюсь, что в необыкновенно сложной сети из миллиардов клеток мозга и сотен миллиардов связей вы обретете нечто совершенно неожиданное. Себя.

1. Кто я?

Все, что происходит в вашей жизни, – от коротких разговоров до культуры в широком смысле – формирует микроскопические особенности вашего мозга. С точки зрения неврологии тот человек, которым вы являетесь, определяется тем, где вы были. Мозг – неутомимый оборотень, постоянно переписывающий свои цепи, и, поскольку ваш опыт уникален, уникальна и структура обширных нейронных сетей. А поскольку эти сети продолжают изменяться на протяжении всей жизни, ваша личность напоминает движущуюся мишень: она никогда не достигает конечной цели.

Ежедневно занимаясь нейробиологией, я удивляюсь каждый раз, когда речь заходит о человеческом мозге. Если принять во внимание значительный вес (мозг взрослого человека весит около 1400 граммов), его странную консистенцию (нечто вроде густого желе) и складчатую структуру (глубокие борозды на выпуклой поверхности), то поражает его удивительная материальность: этот необычный орган совсем не похож на мыслительные процессы, которые он порождает.



Вся жизнь с ее яркими красками, страданиями и радостями протекает в этих полутора килограммах.

Мысли и мечты, память и переживания – все возникает из этого странного скопления нейронов. Наша личность заключена в его сложных рисунках возбуждения электрохимических импульсов. Когда эта активность прекратится, не будет и нас. При смене характера активности, например из-за травмы или наркотиков, неизбежно меняется и характер человека. Мозг

отличается от других органов: повреждение даже небольшого участка, скорее всего, изменит вас очень сильно. Чтобы понять, как такое возможно, начнем с самого начала.

Рожденный незаконченным

Люди рождаются беспомощными. Около года у нас уходит на то, чтобы научиться ходить, два года – выражать свои мысли, и еще много лет, чтобы полностью себя обеспечивать. В детстве наша жизнь целиком зависит от окружающих. Давайте посмотрим, как обстоит дело у других млекопитающих. Новорожденные дельфины, например, умеют плавать, жирафы начинают стоять через несколько часов, а детеныш зебры способен бегать уже через сорок пять минут после появления на свет. Наши дальние родственники из животного царства становятся удивительно независимыми вскоре после рождения.

На первый взгляд эти виды имеют огромное преимущество перед человеком, однако на самом деле это не преимущество, а ограничение. Детеныши животных развиваются так быстро, потому что их мозг формируется в основном согласно заранее заданной схеме. Но за эту подготовленность к жизни приходится жертвовать гибкостью. Представьте, что какой-то невезучий носорог вдруг оказался в арктической тундре, на вершине горы в Гималаях или в центре Токио. Он просто не сможет приспособиться (именно поэтому мы не встречаем носорогов в этих местах). Стратегия появления на свет с уже сформированным мозгом выгодна внутри конкретной ниши экосистемы, но если поместить животное за пределы этой ниши, его шансы на выживание будут низкими.

Человек же способен процветать в самых разных условиях, от ледяной тундры и высоких гор до центра мегаполиса. Это возможно потому, что люди рождаются с мозгом, совсем не подготовленным к жизни. Вместо того чтобы появляться на свет уже окончательно сформированным – или «жестко запрограммированным», – человек может позволить себе, чтобы жизненный опыт формировал его мозг. Это ведет к долгому периоду беспомощности, когда юный мозг медленно меняется под влиянием окружающей среды. Он «программируется жизнью».

Детская «обрезка»: высвободить скульптуру из мрамора

В чем секрет гибкости юного мозга? Ведь речь не идет о росте новых клеток – на самом деле количество нервных клеток у детей и взрослых одинаково. Секрет в том, как связаны между собой эти клетки.

При рождении ребенка нейроны в его мозгу разъединены и не сообщаются между собой, но в первые два года жизни они очень быстро образуют связи, воспринимая информацию от органов чувств. Каждую секунду в мозгу младенца образуется два миллиона новых связей, или синапсов. К двум годам у ребенка уже более ста триллионов синапсов, в два раза больше, чем у взрослого.



Программирование жизнью

Многие животные рождаются «предварительно настроенными» на определенные инстинкты или поведение. Гены жестко определяют строение их тела и мозга. Инстинкт заставляет муху уклоняться от движущейся тени; малиновка с наступлением холодов улетает на юг; медведь зимой впадает в спячку; собака стремится защитить хозяина – все это примеры жестко запрограммированных инстинктов или поведения. Предварительная настройка позволяет этим животным следовать за своими родителями сразу после появления на свет, а в некоторых случаях самостоятельно питаться и жить.

У человека все иначе. Мозг новорожденного запрограммирован лишь в определенной степени: ребенок умеет дышать, плакать, сосать, обращает внимание на лица и способен выучить язык, на котором говорят родители. По сравнению с другими животными мозг человека при рождении не до конца сформирован. Гены определяют лишь общие черты

схем нейронных сетей, а тонкую настройку связей выполняет опыт взаимодействия с внешним миром, что позволяет адаптироваться к окружающим условиям.

Способность человеческого мозга формировать себя в соответствии с окружающим миром позволила нашему биологическому виду освоить все экосистемы на планете и выйти в Солнечную систему.

В этом возрасте число связей достигает максимума и превышает необходимое. Теперь образование новых связей подавляется стратегией «обрезки» нейронов. По мере взросления около 50 % ваших синапсов исчезают.

Какие же синапсы останутся, а какие исчезнут? Если синапс успешно участвует в работе нейронной сети, он усиливается, и наоборот, не приносящий пользы синапс ослабляется и в конечном итоге исчезает. Это похоже на тропинки в лесу – вы утрачиваете связи, которыми не пользуетесь.

В сущности, процесс формирования вашей личности определяется укреплением уже существующих возможностей. Вы становитесь сами собой не потому, что в мозгу появляется нечто новое, а в результате удаления ненужного.



Новорожденный

1 месяц

9 месяцев

2 года

Взрослый

В мозгу новорожденного нейроны слабо связаны между собой. В течение первых двух-трех лет нейроны разветвляются, и количество связей между клетками увеличивается. Потом связи утрачиваются; у взрослого человека их меньше, но они прочнее.

В детстве окружающая среда совершенствует наш мозг, выбирая из многочисленных возможностей те, что соответствуют воздействиям, которым он подвергается. В мозгу остается меньше связей, но они становятся более прочными.

Например, язык, который вы слышите в младенчестве (скажем, английский или японский), оттачивает вашу способность слышать определенные звуки родного языка и ухудшает способность различать звуки других языков. То есть младенец, родившийся в Японии, и младенец, родившийся в Америке, могут различать звуки обоих языков и реагировать на них. Со временем ребенок, выросший в Японии, теряет способность различать, например, звуки «р» и «л», одинаковые в японском языке. Нас формирует мир, в котором мы очутились.

Игра природы

Во время нашего долгого детства мозг постоянно рвет лишние связи, формируя себя в соответствии с окружающей средой. Такая стратегия приспособления разумна – но также рискованна.

Если лишить развивающийся мозг необходимой среды – той, в которой ребенка кормят и присматривают за ним, – мозг не сможет развиваться нормально. Именно с этим столкнулись супруги Дженсен из Висконсина. Кэрол и Билл Дженсен взяли приемных детей, Тома, Джона и Викторию, когда малышам было четыре года. Трое детей были сиротами и до усыновления жили в ужасных условиях в государственных детских домах Румынии – с печальными последствиями для развития их мозга.

Когда Дженсены забрали детей и сели в такси, Кэрол попросила водителя перевести, что говорят дети. Таксист ответил, что ничего не понимает. Это не был один из известных языков; лишенные нормального общения, дети выработали свой собственный странный язык. Когда они подросли, у них возникли трудности с обучением – наследие детской депривации.

Том, Джон и Виктория почти ничего не помнят о жизни в Румынии. Но доктор Чарльз Нельсон, профессор педиатрии из бостонской детской больницы, очень хорошо помнит эти детские дома. Впервые он попал в подобные заведения в 1999 г. Увиденное привело его в ужас. Маленькие дети все время проводили в кроватках, лишены сенсорной стимуляции. На пятнадцать детей была одна няня, и ей запрещали брать малышей на руки или каким-либо образом проявлять свою любовь, даже когда подопечные плачут, – считалось, что дети привыкнут к ласке и будут требовать ее, а при таком количестве персонала это невозможно. В таких условиях все было максимально регламентировано. Детей высаживали в ряд на пластиковые горшки. И одинаково стригли, независимо от пола. Воспитанников одевали одинаково и кормили по расписанию. Все делалось механически.

Дети, на плач которых не реагировали, быстро обучались не плакать. Воспитанников не брали на руки, с ними не играли. Несмотря на удовлетворение основных потребностей (детей кормили, мыли, одевали), младенцы были лишены любви, заботы, поддержки и какой-либо стимуляции. В результате у них сформировалось «неизбирательное дружелюбие». Нельсон рассказывает, что, когда он вошел в комнату, его окружили маленькие дети, совершенно незнакомые, – и все хотели забраться ему на руки, сесть на колени или взять за руку и пойти гулять. Такое неизбирательное поведение на первый взгляд выглядит очень милым, но это лишь стратегия выживания брошенных детей, за которой неизбежно следуют проблемы долговременной привязанности. Так обычно ведут себя дети, выросшие в детских домах.

Потрясенный условиями жизни в подобных заведениях, Нельсон основал Бухарестскую программу раннего вмешательства. Первыми участниками проекта стали 136 детей в возрасте от шести месяцев до трех лет, жившие в детском доме с самого рождения. Исследователи сразу же увидели, что коэффициент умственного развития малышей находился в диапазоне от 60 до 70 – меньше среднего (100). Используя электроэнцефалографию для измерения электрической активности мозга этих детей, Нельсон обнаружил чрезвычайно низкую активность нейронов.

Без окружающей среды, в которой присутствуют эмоциональный опыт и когнитивная стимуляция, мозг человека не может развиваться нормально.



Румынские сироты

В 1966 г. с целью увеличения населения румынский президент Николае Чаушеску запретил контрацепцию и аборт. Государственные гинекологи следили за тем, чтобы женщины детородного возраста производили на свет достаточное количество детей. Семьи, в которых было меньше пяти детей, облагались налогом. Рождаемость резко увеличилась.

Многие бедные семьи не могли прокормить такое количество детей и поэтому отдавали их в государственные учреждения. Государство открывало все больше детских домов. В 1989 г., когда был свергнут Чаушеску, численность брошенных детей, которые воспитывались в детских домах, составляла 170 000 человек.

Ученые вскоре выявили, как влияет на мозг ребенка воспитание в государственных учреждениях, и эти исследования повлияли на политику властей. В 2005 г. в Румынии запретили помещать в детские дома детей до двух лет, за исключением тяжелобольных.

Сегодня во всем мире миллионы детей живут в детских домах. Учитывая, что развивающийся мозг ребенка нуждается в обучающей среде, власти должны делать все

возможное, чтобы дети росли в условиях, обеспечивающих все необходимое для нормального развития мозга.

Кроме того, исследование Нельсона выявило еще одну важную особенность: мозг способен восстанавливаться (в разной степени) после того, как ребенка окружают любовью и заботой. Чем раньше ребенка поместили в благоприятную среду, тем полнее восстановление. Дети, вернувшиеся в семьи в возрасте до двух лет, как правило, быстро догоняют сверстников. После двух лет улучшения также возможны, но прогресс зависит от возраста, в котором ребенка забрали из приюта, а также степени отставания в развитии.

Полученные Нельсоном результаты подчеркивают исключительную роль наполненной любовью и обучающими стимулами окружающей обстановки в развитии детского мозга. Они также демонстрируют огромный вклад внешней среды в формирование нашей личности. Мы необыкновенно чувствительны к окружению. Характерная для человеческого мозга стратегия перестройки на ходу означает следующее: то, кем мы являемся, зависит от того, где мы были.

Подростковый возраст

Всего два десятка лет назад считалось, что развитие мозга в основном заканчивается в детском возрасте. Но теперь мы знаем, что у человека процесс формирования мозга занимает до двадцати пяти лет. В течение десяти лет происходит важная реорганизация нейронных сетей, существенно влияющая на то, какими мы станем. Гормоны, циркулирующие по всему телу, вызывают видимые физические изменения, постепенно превращая нас во взрослых людей, однако в нашем мозгу происходят изменения не меньшего масштаба. Они оказывают решающее влияние на то, как мы себя ведем, как реагируем на окружающий мир.

Одно из этих изменений связано с формированием ощущения своего «я», а вместе с ним и стеснительности.

Чтобы понять, как работает мозг подростка, мы провели простой эксперимент. Вместе с моим аспирантом Рики Савджани мы попросили добровольцев сидеть на табуретке в витрине магазина и смотреть на улицу, одновременно подставляя себя под любопытные взгляды прохожих.

Прежде чем выставить каждого добровольца на всеобщее обозрение, мы подготавливали его для оценки эмоциональной реакции, подключая к нему прибор для измерения кожно-гальванической реакции (КГР), надежного индикатора волнения: чем шире открываются потовые железы, тем выше электрическая проводимость кожи. (Кстати, эта же технология используется при проверке на детекторе лжи, или полиграфе.)



Добровольцы сидели в витрине магазина под любопытными взглядами прохожих. Подростки смущались больше взрослых, что отражает особенности развития мозга в подростковом возрасте.

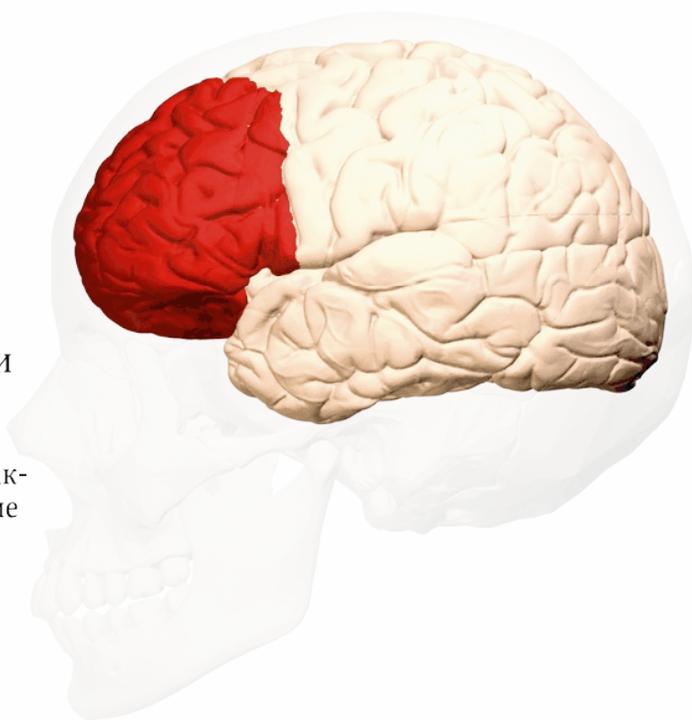
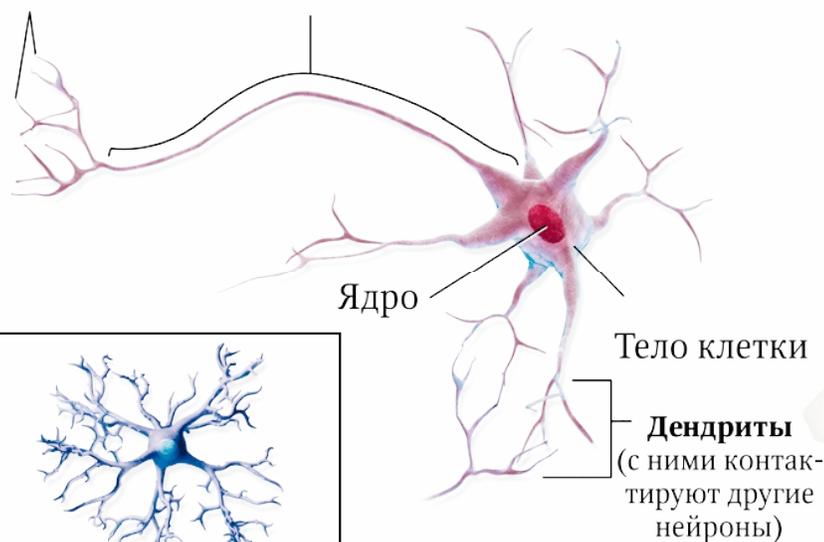
В эксперименте участвовали как взрослые, так и подростки. У взрослых наблюдалась стрессовая реакция, когда на них смотрели незнакомые люди, что соответствовало нашим ожиданиям. Однако у подростков та же ситуация вызвала куда более сильный отклик: когда их разглядывали прохожие, они нервничали гораздо сильнее – вплоть до дрожи.

Откуда такая разница в поведении взрослых и подростков? Ответ кроется в участке мозга под названием «медиальная префронтальная кора» (МПК). Эта зона активизируется, когда вы думаете о себе, особенно при эмоциональной оценке ситуации. Доктор Леа Соммервиль и ее коллеги из Гарвардского университета выяснили, что при переходе из детского в подростковый возраст МПК становится более активной в социальных ситуациях, причем пик активности приходится приблизительно на пятнадцать лет. В этом возрасте социальные ситуации оказывают огромное эмоциональное воздействие, вызывая сильнейшую стрессовую реакцию смущения. То есть у подростков размышления о себе – так называемая «самооценка» – имеют наивысший приоритет. Взрослый человек уже привык к осознанию себя, как привыкают к новым туфлям, и поэтому не особенно волнуется, сидя в витрине магазина.

Контакт с другими

клетками

Аксон



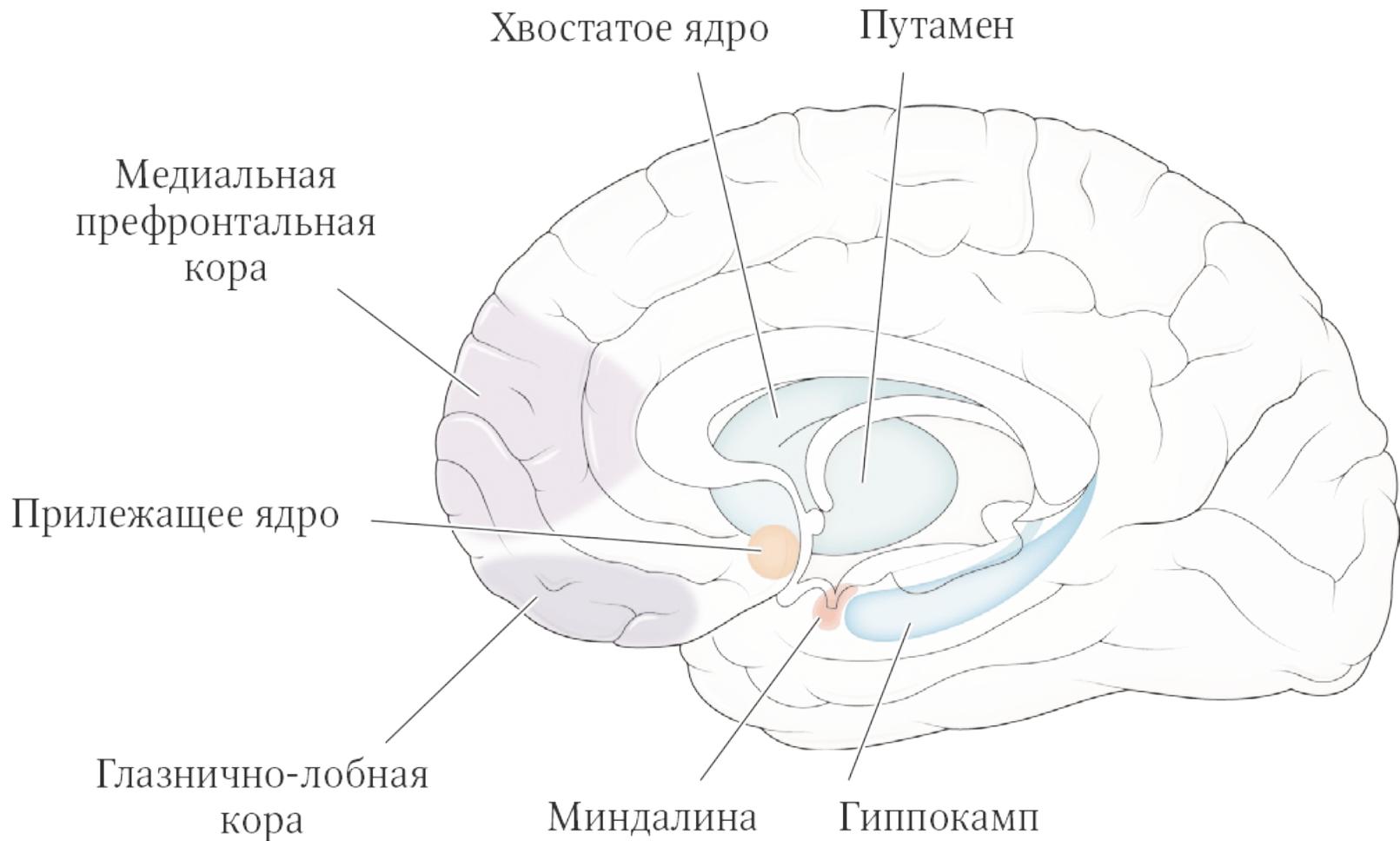
Нейрон
(разных форм и размеров)

Нервная ткань

Формирование мозга подростка

Когда заканчивается детство, непосредственно перед пубертатным периодом, наблюдается второй период интенсивного роста: в префронтальной коре возникают новые клетки и новые связи (синапсы), формируя новые пути. За этим ростом следует десятилетие активной «обрезки»: в течение всего подросткового периода слабые связи удаляются, а сильные укрепляются. В результате этого прореживания объем префронтальной коры уменьшается приблизительно на 1 % в год вплоть до окончания пубертатного периода.

Поскольку эти масштабные изменения происходят в отделах мозга, необходимых для высшей интеллектуальной деятельности и управления желаниями, подростковый возраст – время серьезных когнитивных перемен. Дорсолатеральная префронтальная кора, играющая важную роль в контроле за побуждениями, взрослеет в последнюю очередь, и этот процесс заканчивается уже после двадцати лет. Задолго до того, как нейробиологи выяснили подробности этого процесса, страховые компании обратили внимание на последствия незрелости мозга – страховка автомобиля для тех, кому меньше двадцати лет, обойдется гораздо дороже. Уголовное право также давно учло этот аспект, и отношение к подросткам иное, чем к взрослым преступникам.



Благодаря изменениям в разных отделах мозга, участвующих в процессах вознаграждения, планирования и мотивации, в подростковом возрасте наше ощущение своего «я» серьезно меняется.

Кроме неловкости в социальных ситуациях и эмоциональной сверхчувствительности, мозг подростка предрасположен к риску. Будь то превышение скорости на дороге или публикация фотографий в обнаженном виде, рискованное поведение для мозга подростка гораздо соблазнительнее, чем для мозга взрослого. В основном это связано с нашей реакцией на поощрения и стимулы. При переходе от детства к подростковому возрасту мозг все сильнее реагирует на поощрения в зонах, связанных со стремлением к удовольствию (одна из таких зон называется прилежащим ядром). У подростков активность этих зон такая же высокая, как у взрослых. Но следует учитывать один очень важный факт: активность глазнично-лобной коры, играющей важную роль в таких процессах, как принятие оперативных решений, внимание и симуляция будущих последствий, у подростков остается такой же, как в детстве. Сочетание взрослой системы поиска удовольствий с незрелой глазнично-лобной корой означает, что подростки не только эмоционально гиперчувствительны, но также в меньшей степени, чем взрослые, способны контролировать свои эмоции.

Более того, Соммервиль и ее коллеги выдвинули предположение, почему сверстники оказывают такое влияние на поведение подростков: области, участвующие в социальных оценках (такие, как МПК), сильнее связаны с другими зонами мозга, которые преобразуют мотивацию в действие (полосатое тело и его система связей). Это, полагают ученые, может объяснить, почему подростки чаще рискуют в присутствии друзей.

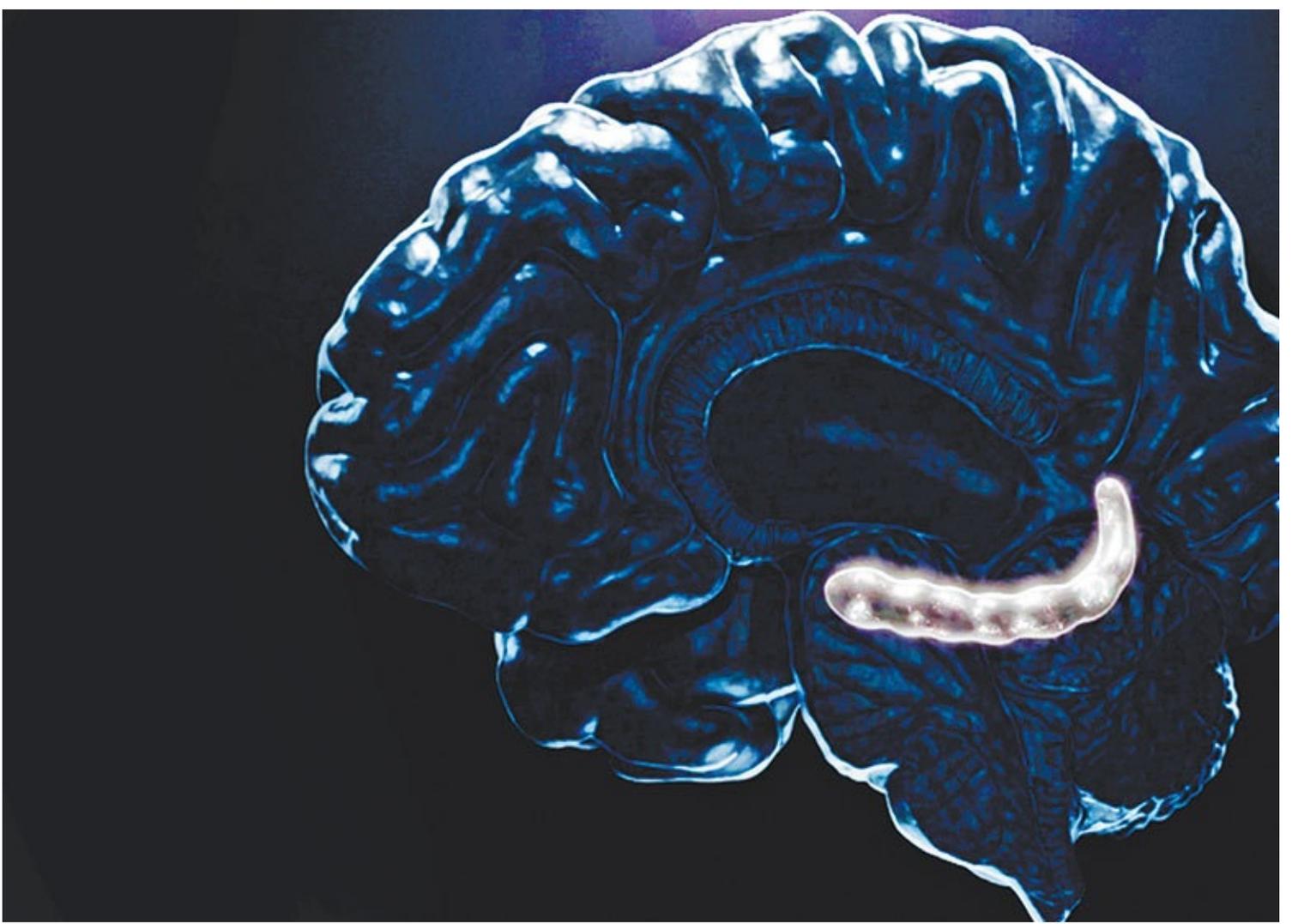
Взгляд подростка на мир определяется последовательностью изменений в мозгу, которые подчиняются определенному расписанию. Эти изменения заставляют нас стесняться, рисковать, а также делают наше поведение зависимым от мнения сверстников. Для встревоженных родителей всего мира есть важная новость: поведение подростка не просто результат выбора или взглядов. Это продукт периода интенсивного и неизбежного изменения мозга.

Пластичность во взрослом возрасте

К двадцати пяти годам изменения в мозгу, характерные для детства и подросткового возраста, наконец заканчиваются. Тектонические сдвиги в нашей личности и самосознании завершены, и наш мозг будто бы закончил свое развитие. Ничего подобного: у взрослого человека мозг продолжает меняться. То, чему можно придать форму – с последующим ее сохранением, – мы называем пластичным. Именно это и происходит с мозгом даже во взрослом состоянии: опыт меняет мозг, и эти изменения сохраняются.



Лондонские таксисты добиваются невероятных результатов, выучивая географию города наизусть. После обучения они могут проложить самый короткий (и легальный!) маршрут через огромный мегаполис, не взглянув на карту. Конечный результат такого напряжения ума – видимые изменения мозга.



После сдачи экзамена на знание Лондона гиппокамп лондонских таксистов явно меняет форму – это отражение их улучшившихся навыков ориентирования в пространстве.

Чтобы получить представление, насколько масштабными могут быть эти изменения, рассмотрим конкретную группу мужчин и женщин, которые работают в Лондоне: лондонских таксистов. После четырех лет интенсивного обучения они должны сдать экзамен «Знание города», один из самых сложных тестов памяти, которые только существуют в нашем обществе. Для этого кандидатам необходимо запомнить необычайно разветвленную и непрерывно меняющуюся дорожную сеть Лондона. Это чрезвычайно сложная задача: 320 разных маршрутов по городу, 25 000 отдельных улиц и 20 000 достопримечательностей и мест, куда у пассажира может возникнуть желание зайти, – гостиниц, театров, ресторанов, посольств, полицейских участков, спортивных сооружений и т. д. Как правило, студенты от трех до четырех часов в день тратят на рассказы о воображаемых путешествиях.

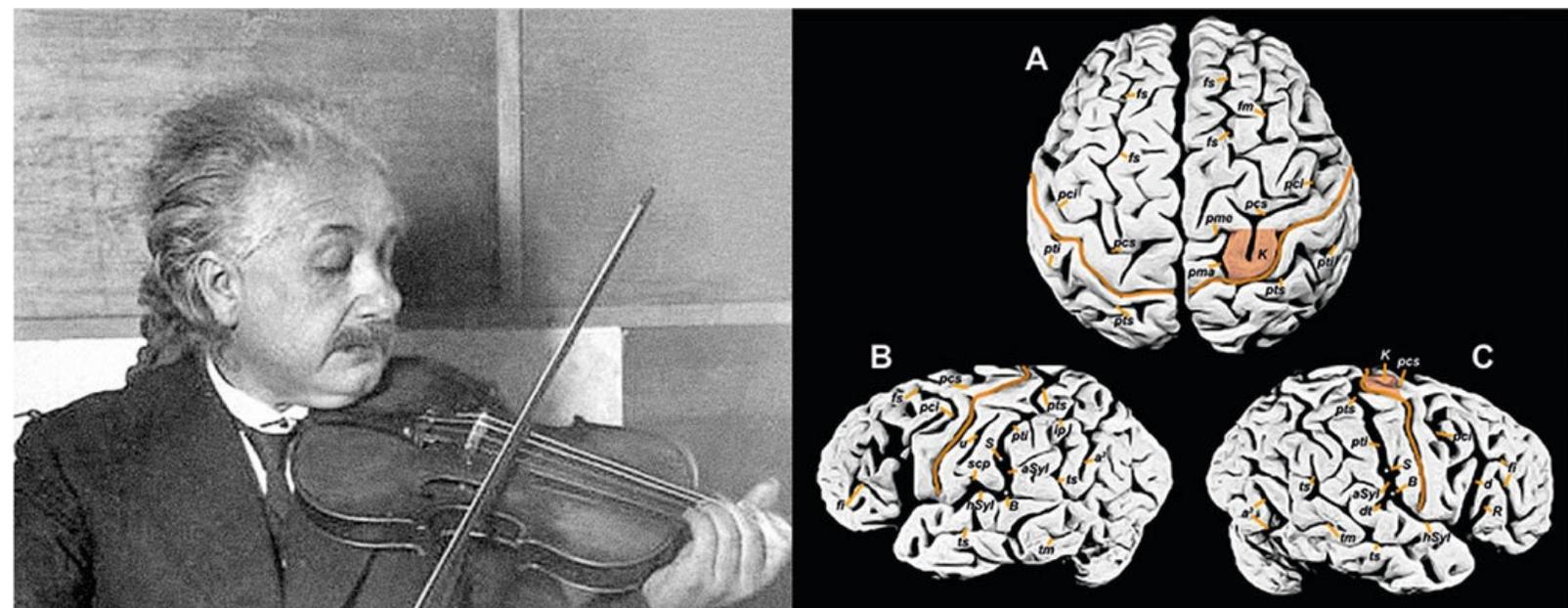
Уникальные требования экзамена вызвали интерес группы нейробиологов из Университетского колледжа в Лондоне, которые сканировали мозг нескольких таксистов. В частности, ученых интересовал небольшой отдел мозга под названием гиппокамп, который играет важную роль в памяти, и особенно в пространственной памяти.

Ученые обнаружили видимые отличия в мозгу таксистов: у них задняя часть гиппокампа была больше, чем у испытуемых из контрольной группы, – предположительно этим объясняется их улучшенная пространственная память. Ученые также выяснили, что чем больше

стаж таксиста, тем сильнее изменения в этом отделе мозга, то есть это не просто отражение уже существовавших индивидуальных различий у людей, выбравших профессию таксиста, а результат практики.

Исследование водителей такси демонстрирует, что мозг взрослого человека не застывшая структура – он может меняться до такой степени, что эти изменения заметны специалистам.

Изменяться может не только мозг лондонских таксистов. При изучении мозга одного из самых знаменитых людей XX в., Альберта Эйнштейна, тайну его гениальности раскрыть не удалось. Однако ученые обнаружили увеличенный участок мозга, связанный с пальцами левой руки, – он образует гигантскую складку в коре мозга в форме греческой буквы омега, – что связано с менее известным увлечением великого физика, игрой на скрипке. Эта складка образуется у опытных скрипачей, которые интенсивно тренируют пальцы левой руки, добиваясь скорости и точности движений. У пианистов складка в форме буквы омега наблюдается в обоих полушариях, поскольку для игры на фортепьяно требуется виртуозное владение обеими руками.



Альберт Эйнштейн и его мозг. Вид мозга сверху; передняя часть мозга на верхней половине рисунка. Оранжевым закрашен необычно увеличенный участок мозга – до такой степени, что дополнительная ткань образует выпуклость в форме перевернутой греческой буквы омега.

Форма выпуклостей и впадин в человеческом мозгу у всех людей в целом одинакова, однако более мелкие детали отражают индивидуальные различия, указывающие, где вы были и кто вы теперь. Большинство изменений слишком малы, чтобы их можно было увидеть невооруженным глазом, но весь ваш жизненный опыт изменил физическую структуру мозга – от экспрессии генов до расположения молекул и архитектуры нейронов. Семья, культура, друзья, работа, каждый просмотренный фильм, каждый разговор с другим человеком – все это оставило отпечатки в вашей нервной системе. Эти неразличимые, микроскопические

отпечатки накапливаются и делают вас таким, какой вы есть, а также ограничивают возможности для будущего развития.

Патологические изменения

Изменения в мозгу отражают то, что мы делали и кем мы являемся. Но что происходит, если изменения вызваны болезнью или травмой? Меняют ли они нас – нашу личность и наше поведение?

1 августа 1966 г. Чарльз Уитмен сел в лифт и поднялся на смотровую площадку башни Техасского университета в Остине. Затем двадцатипятилетний молодой человек открыл беспорядочную стрельбу по людям внизу. 13 человек были убиты и 33 ранены, пока самого Уитмена наконец не застрелила полиция. Когда полицейские пришли к нему домой, обнаружилось, что накануне вечером он убил жену и мать.

Наибольшее удивление вызвал следующий факт: ничто в жизни Чарльза Уитмена не предсказывало этого акта насилия. Молодой мужчина был скаутом первой ступени, работал кассиром в банке и учился на инженера.



Полицейский снимок тела Чарльза Уитмена после того, как в 1966 г. он открыл беспорядочную стрельбу в Техасском университете в Остине. В прощальной записке Уитмен просил провести вскрытие его тела: он подозревал, что в его мозгу что-то не так.

Убив жену и мать, он оставил прощальную записку, в которой были такие слова:

Я не вполне понимаю себя в последнее время. Я вроде бы должен быть обычным разумным и интеллигентным молодым человеком. Однако с недавних пор (я не могу с точностью определить, когда это все началось) меня часто одолевают странные и иррациональные мысли... Пусть после моей смерти проведут аутопсию, чтобы выяснить, нет ли у меня какого-нибудь заболевания.

Просьбу Уитмена выполнили. Проводивший вскрытие патологоанатом сообщил, что у Уитмена была небольшая опухоль мозга. Размером с десятицентовую монету, она давила на отдел мозга, который называется миндалиной и связан с такими чувствами, как агрессия и страх. Это небольшое давление вызвало цепочку реакций в мозгу Уитмена, и в результате он

вел себя так, как от него никто не ожидал. Вещество его мозга изменялось, и он изменялся вместе с ним.

Конечно, это экстремальный случай, но и менее драматические изменения в мозгу могут привести к изменению личности. Достаточно вспомнить о наркотиках или алкоголе. Некоторые формы эпилепсии делают людей более религиозными. Болезнь Паркинсона часто приводит к утрате веры в Бога, а лекарственные препараты, применяющиеся для ее лечения, нередко превращают людей в заядлых любителей азартных игр. Но мы меняемся не только под действием болезни или химических веществ: в непрерывную перестройку нейронных сетей, которые определяют нашу личность, вносят вклад и фильмы, которые мы смотрим, и наша профессия. В таком случае кто же мы? И есть ли там вообще кто-нибудь, в самой глубине, в сердцевине?

Неужели я всего лишь сумма моих воспоминаний?

Наш мозг и тело существенно меняются в течение жизни, но обнаружить эти изменения непросто – как движение часовой стрелки в часах. Например, красные клетки крови полностью обновляются каждые четыре месяца, а клетки кожи – каждые несколько недель. Приблизительно за семь лет все атомы вашего тела заменяются другими. В чисто физическом смысле вы полностью обновляетесь. К счастью, существует нечто неизменное, что связывает все эти разные версии вас самих: память. Возможно, именно память служит той связующей нитью, которая делает вас вами. Она составляет основу вашей личности, обеспечивая единое, непрерывное ощущение своего «я».

Но тут нас поджидает одна проблема. Может быть, непрерывность – всего лишь иллюзия? Представьте, что у вас есть возможность пойти в парк и встретить самого себя в разные периоды жизни. Вот вы в возрасте шести лет, а вот подросток, вот вам около тридцати, вот за пятьдесят, а вот перевалило за семьдесят – с начала и до самых последних дней. Предположим, что вы можете сесть рядом и рассказать друг другу одни и те же случаи из своей жизни, сплетая единую нить своей личности.

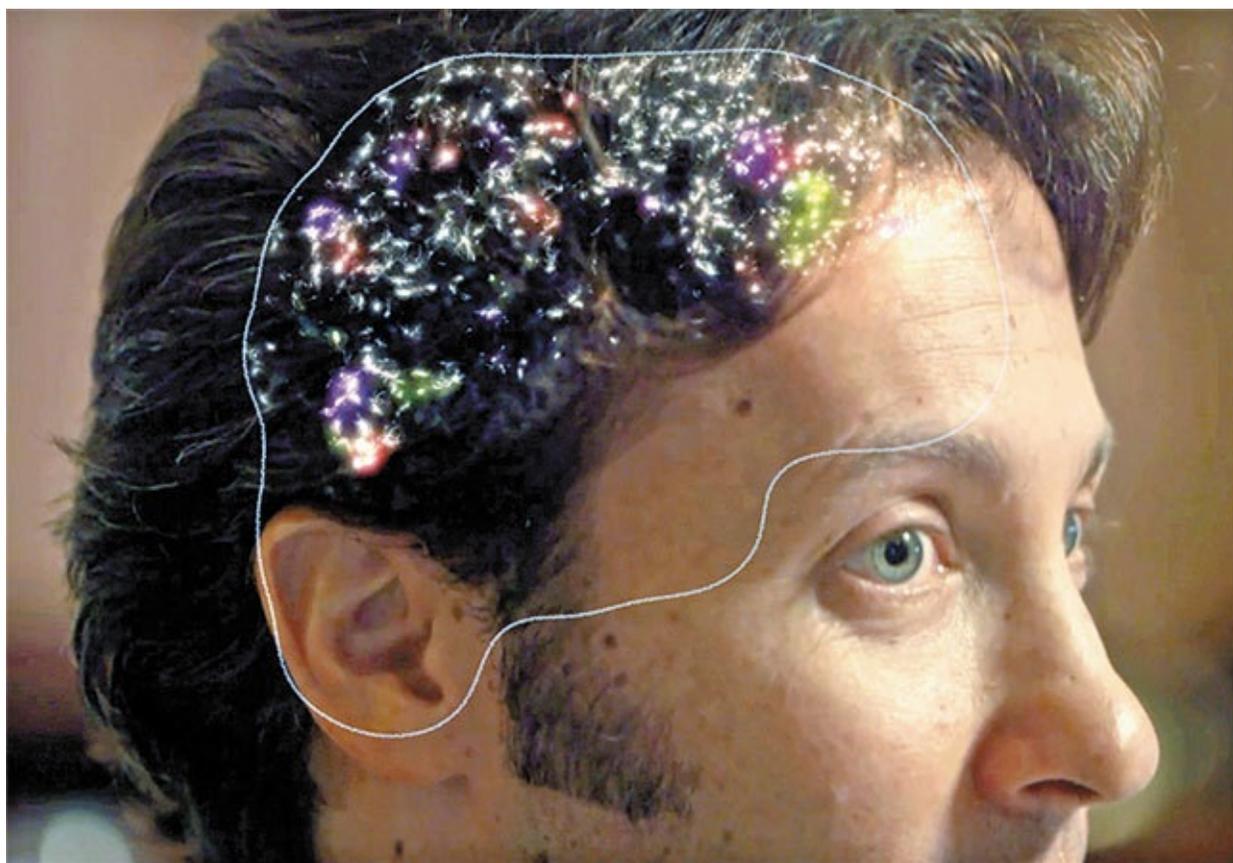
Но получится ли? Общего у вас – только имя и история, а в остальном все вы разные люди, с разными ценностями и целями. И в ваших воспоминаниях будет меньше совпадений, чем вы ожидали. Ваша память о том, каким вы были в пятнадцать лет, отличается от того, каким вы действительно были в этом возрасте; более того, у вас могут быть разные воспоминания об одних и тех же событиях. Почему? Все дело в свойствах памяти.

Память – это не точная видеозапись события в вашей жизни, а скорее хрупкое состояние мозга, оставшееся с минувших времен, которое должно воскреснуть, чтобы вы вспомнили это событие.

Рассмотрим такой пример: вы пришли в ресторан на день рождения друга. Все происходящее запускает определенные цепочки активности в вашем мозгу. Например, одну из таких цепочек запускает разговор друзей, другую активизирует запах кофе, а третью – вкус великолепного пирожного. Еще одна запоминающаяся деталь – палец официанта в вашей чашке, порождающий совсем другую конфигурацию возбужденных нейронов. Все эти цепочки возбуждения связаны между собой в разветвленную ассоциативную сеть нейронов, которую многократно воспроизводит гиппокамп, пока ассоциации не фиксируются. Нейроны, возбуждающиеся одновременно, устанавливают более прочные связи: клетки, возбуждающиеся вместе, соединяются. Получившаяся в результате сеть – уникальный отпечаток события, представляющий собой воспоминание о вечеринке.



Представьте человека, которого можно расщепить на множество копий самого себя в разном возрасте. Будут ли у этих людей одинаковые воспоминания? И если нет, можно ли считать их одной личностью?



Ваша память о событии представлена уникальным созвездием клеток, участвовавших в восприятии различных аспектов этого события.

Теперь представьте, что полгода спустя вы пробуете пирожное, точно такое же, каким вас угощали на дне рождения. Этот ключик может отпереть целую сеть ассоциаций. Первоначальное созвездие клеток возбуждается, словно включаются фонари уличного освещения. И вы вдруг погружаетесь в воспоминания.

Мы не всегда это осознаем, но воспоминания беднее, чем можно было бы ожидать. Вы знаете, что на вечеринке присутствовала супружеская пара, ваши друзья. Он, наверное, был в костюме, потому что всегда носит костюм. А она в голубой блузке. Или в вишневой? А может, в зеленой? Порывшись в памяти, вы обнаружите, что не можете вспомнить, во что были одеты другие гости в переполненном ресторане.

Таким образом, ваша память о дне рождения начала ослабевать. Почему? Во-первых, у вас в мозгу имеется ограниченное количество нейронов, и все они решают несколько задач одновременно. Каждый нейрон в разное время включен в разные сети. Нейроны работают в динамичной матрице меняющихся контактов, и к ним постоянно поступает масса запросов на связь с другими клетками. Таким образом, ваша память о дне рождения загрязнилась, поскольку эти «именинные» нейроны были вынуждены встраиваться в другие сети памяти. Враг памяти – это не время, а другие воспоминания. Каждое новое событие требует образования новых связей среди конечного количества нейронов. Удивительно то, что ослабевшая память не кажется вам ослабевшей. Вы чувствуете или по крайней мере предполагаете, что сохранили полную картину.

Однако ваша память о событии не только ослабевает – она подвержена влиянию. Скажем, за год, прошедший после той вечеринки, ваши друзья расстались. Вспоминая о дне рождения, вы можете обнаружить тревожные признаки. Кажется, он вел себя тише обычного? Или между ними время от времени повисало неловкое молчание? Конечно, полной уверенности у вас нет, поскольку информация в вашей нейронной сети изменяет связанную с ней память. Таким образом, на разных этапах вашей жизни одно и то же событие может выглядеть немного по-разному.

Несовершенство памяти

Податливость памяти становится очевидной благодаря новаторской работе профессора Элизабет Лофтус из Калифорнийского университета в Ирвайне. Она перевернула наше представление о памяти, продемонстрировав, насколько чувствительны к воздействию наши воспоминания.

Лофтус разработала эксперимент, в котором добровольцам предлагали видеосюжеты об автомобильных авариях, а затем задавали ряд вопросов, чтобы выяснить, что они запомнили. Выяснилось, что вопросы, которые им задавали, влияли на полученные ответы. Лофтус объясняет: «Когда я спрашивала, с какой скоростью двигались машины перед тем, как столкнулись, или с какой скоростью двигались машины, когда врезались друг в друга, оценка скорости была разной. Испытуемые полагали, что машины двигались быстрее, когда я использовала глагол «врезались». Заинтересовавшись способностью наводящих вопросов влиять на память, она решила продолжить исследования.

Можно ли сформировать полностью ложные воспоминания? Чтобы это выяснить, Лофтус пригласила нескольких добровольцев, а ее помощники связались с их семьями и получили сведения о событиях из жизни испытуемых. Вооруженные этой информацией, исследователи составили по четыре истории из детства каждого участника эксперимента. Три из них были правдивыми. Четвертая история содержала правдоподобную информацию, но была полностью вымышленной. Четвертая история рассказывала, как испытуемый в детском возрасте потерялся в торговом центре, после чего его нашла добрая старушка, и в конце концов он вернулся к родителям.

В серии интервью испытуемым рассказывали все четыре истории. Не менее четверти участников эксперимента утверждали, что помнят о происшествии в торговом центре, несмотря на то что такого события в их жизни не было. Но это еще не все. Лофтус объясняет: «Они начинали вспоминать подробности. Возможно, они разговаривали с пожилой женщиной, которая их спасла». Со временем ложные воспоминания все больше обрастали деталями: «У старушки была нелепая шляпка», «Я держал в руках любимую игрушку», «Мама так волновалась».

Таким образом, можно не только внедрить в мозг ложные воспоминания – люди с готовностью принимают и украшают их, неосознанно вплетая фантазию в ткань своей личности.

Мы все беззащитны перед такой манипуляцией памятью – даже сама Лофтус. Выяснилось, что, когда Элизабет была ребенком, ее мать утонула в бассейне. Много лет спустя в разговоре с одним из родственников обнаружился удивительный факт: именно Элизабет обнаружила тело матери в бассейне. Новость стала для нее настоящим шоком; она об этом не знала и просто отказывалась в это верить. «Вернувшись домой с того дня рождения, я задумалась: может, так все и было. Я начала вспоминать другие подробности – как приехали спасатели и дали мне кислород. Может, кислород потребовался потому, что я нашла тело и мне стало плохо?» Вскоре она уже представляла свою мать в бассейне.

Но потом позвонил родственник и сказал, что ошибся. Тело нашла вовсе не маленькая Элизабет, а ее тетя. Так Лофтус на себе испытала, что такое ложная память, богатая подробностями и сопровождающаяся глубокими чувствами.

Наше прошлое нельзя считать точной записью, которой мы можем доверять. Скорее это реконструкция событий, иногда граничащая с мифологией. Перебирая воспоминания о прошлом, мы должны помнить, что не все подробности точны. Некоторые взяты из историй, которые люди рассказывают о себе, другие определяются представлениями о том, что случилось. Таким образом, если ставить знак равенства между своим «я» и своими воспоминаниями, то наша личность превращается в какой-то странный, непрерывный и изменчивый рассказ.

Стареющий мозг

В наше время люди живут дольше, чем когда-либо за всю свою историю, и это создает трудности в поддержании здоровья мозга. Нервную ткань атакуют такие недуги, как болезни Альцгеймера и Паркинсона, изменяя нашу личность.

Но есть и хорошие новости: окружающая среда и поведение, формирующие мозг в юном возрасте, не менее важны и в старости.

В США более 1100 монахинь, монахов и священников из разных религиозных орденов согласились принять участие в уникальном исследовании с целью изучения старения мозга. Одной из главных целей было выявление факторов риска развития болезни Альцгеймера, и поэтому в число участников исследования включили людей старше шестидесяти пяти лет, у которых отсутствовали симптомы и какие-либо видимые признаки заболевания.

Преимущество религиозных орденов заключается не только в наличии стабильной группы, в которой легко проводить ежегодное тестирование, но и в том, что члены этой группы ведут схожий образ жизни, включая питание и материальное положение. Это уменьшает число так называемых «искажающих факторов», или различий, которые имеют место в более широких группах населения, таких как питание, социально-экономическое положение или образование: все они могут влиять на результаты исследования.

Сбор данных начался в 1994 г. До настоящего времени доктор Дэвид Беннет и его коллеги из Университета Раша в Чикаго получили более 350 экземпляров мозга. Каждый из них был тщательно законсервирован и исследован на микроскопические признаки болезней старения. Но это лишь половина исследования: вторая половина состоит из сбора подробных данных о жизни обладателя мозга. Каждый год участники исследования выполняют комплекс тестов, от психологических и когнитивных до измерения медицинских и физических показателей, а также генетических тестов.

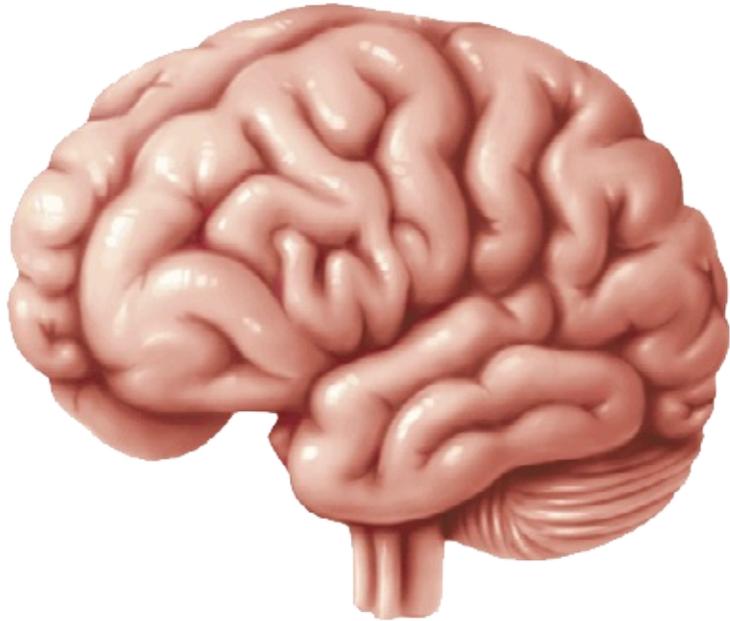
Воспоминания о будущем

Первый сильный эпилептический припадок у Генри Молисона случился в день его пятнадцатилетия. Затем припадки становились все чаще. Столкнувшись с перспективой усиления эпилепсии, Генри согласился на экспериментальную операцию – у него удалили среднюю часть височных долей (в том числе гиппокамп) в обоих полушариях мозга. Припадки у Генри прошли, но проявился побочный эффект: всю оставшуюся жизнь у него не формировались новые воспоминания. Но и это еще не все. Генри утратил не только способность формировать новые воспоминания, но и прогнозировать будущее.

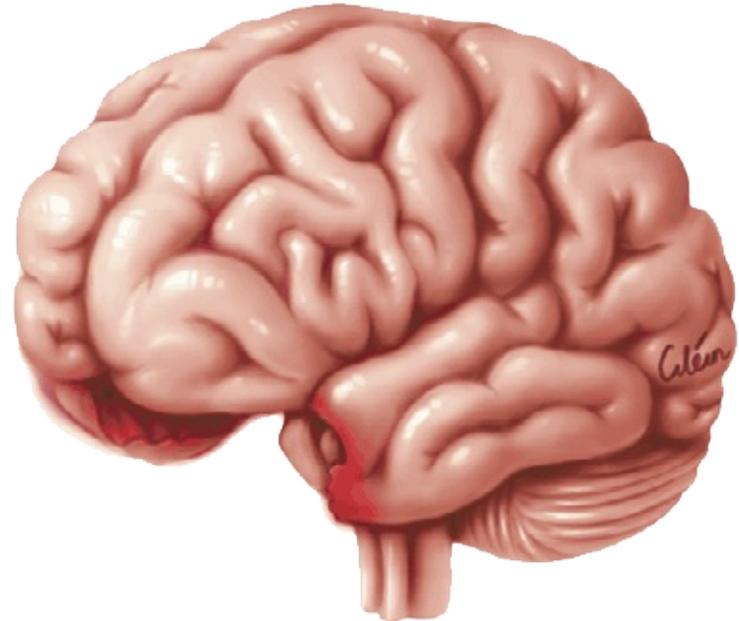
Представьте, что завтра вы идете на пляж. Какая картина возникает в вашем мозгу? Сёрферы и замки из песка? Обрушивающиеся на берег волны? Лучи солнца, пробивающиеся сквозь облака? Если бы вы спросили Генри, как он представляет завтрашнюю прогулку, он, скорее всего, ответил бы: «Единственное, что приходит мне в

голову, – это синий цвет». Несчастье, приключившееся с Генри Молисоном, проливает свет на механизмы, лежащие в основе памяти: они не просто записывают все, что произошло, но также позволяют делать проекцию в будущее.

Нормальный мозг



Генри Молисон





Активный образ жизни в пожилом возрасте полезен для мозга.

Когда группа исследователей начинала работу, ученые рассчитывали обнаружить четкую связь между ослаблением когнитивных способностей и тремя заболеваниями, считающимися наиболее распространенными причинами деменции: болезнью Альцгеймера, инсультом и болезнью Паркинсона. Однако выяснилось следующее: наличие мозговой ткани, пораженной болезнью Альцгеймера, не обязательно означает, что этот человек будет сталкиваться с когнитивными проблемами. Некоторые люди жили с обширной патологией, вызванной болезнью Альцгеймера, без какого-либо снижения когнитивных способностей. В чем же дело?

В поисках ответа ученые обратились к массиву собранных данных об участниках исследования. Беннет обнаружил, что снижение когнитивных способностей обусловлено психологическим и практическим факторами. Например, тренировка когнитивных способностей – то есть все, что стимулирует активность мозга, в том числе кроссворды, чтение, управление автомобилем, обучение новым навыкам, обязанности – защищает мозг. Таким же эффектом обладает общественная деятельность, социальные сети, общение, физическая активность.



Сотни монахинь согласились после смерти предоставить свой мозг для исследований. Результаты стали для ученых неожиданностью.

И наоборот, исследователи обнаружили, что негативные психологические факторы, такие как одиночество, тревога, депрессия и склонность к стрессу, способствуют более быстрому угасанию когнитивных способностей. Позитивные черты личности, такие как добросовестность, наличие жизненной цели и неумение сидеть без дела, защищают мозг.

Испытуемые с пораженной болезнью нервной тканью, но без симптомов когнитивного расстройства создали так называемый «когнитивный резерв». По мере повреждения одних участков мозга в работу включались другие, уже подготовленные участки, компенсируя или выполняя утраченные функции. Чем больше мы тренируем когнитивные способности мозга – обычно ставя перед ним трудные и новые задачи, в том числе социальное взаимодействие, тем больше нейронных сетей строят новые пути, позволяющие попасть из точки А в точку Б.

Представьте мозг как инструментальный ящик. Хороший инструментальный ящик будет содержать весь необходимый набор инструментов. Если требуется выкрутить болт, вы возьмете разводной ключ; при отсутствии разводного ключа вы достанете из ящика обычный гаечный ключ, а если нет и его, то воспользуетесь плоскогубцами. То же самое делает тренированный мозг: даже при дегенерации множества путей вследствие болезни он способен находить другие решения.

Исследование мозга монахинь показало, что можно защитить свой мозг и оставаться самим собой на протяжении всей жизни. Тренировка всех инструментов нашего когнитивного инструментального ящика не остановит процесс старения, но позволит его замедлить.

Я разумен

Размышляя о том, кто я, следует помнить об одном, самом главном аспекте: я разумное существо. Я осознаю свое существование. Я чувствую свое присутствие в этом мире, смотрю на мир этими глазами, воспринимаю эту многоцветную и динамичную картину, находясь в центре сцены. Назовем это сознанием или разумом.

Ученые часто спорят о точном определении сознания, но понять, о чем идет речь, поможет простое сравнение: когда вы бодрствуете, то находитесь в сознании, а когда спите – нет. Это различие подводит нас к простому вопросу: чем отличается активность мозга в этих двух состояниях?

Один из способов измерения активности мозга – электроэнцефалография (ЭЭГ), при которой суммарное возбуждение миллиардов нейронов определяется путем регистрации слабых электрических сигналов с поверхности головы. Этот способ довольно грубый, и иногда его сравнивают с попыткой понять правила игры в бейсбол, держа микрофон у наружной стены стадиона. Тем не менее ЭЭГ способна продемонстрировать разницу между двумя состояниями, сном и бодрствованием.

Когда вы бодрствуете, электроэнцефалограмма свидетельствует о том, что миллиарды нейронов участвуют в сложном обмене сигналами: это можно сравнить с тысячами разговоров зрителей на стадионе.

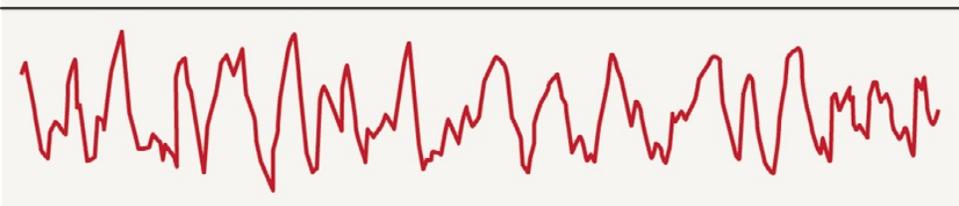
Бодрствование

Высокие частоты, низкая амплитуда



Глубокий сон

Так называемый медленный сон: низкая частота, высокая амплитуда



Сознание пробуждается, когда нейроны сообщаются друг с другом почти независимо, формируя сложные и слабые ритмы. При медленном сне нейроны синхронизируются друг с другом, и сознание отсутствует.

Во время сна ваше тело словно выключается. Логично предположить, что то же самое происходит со «стадионом» нейронов. Однако в 1953 г. выяснилось, что это предположение неверно: ночью мозг так же активен, как днем. Когда человек спит, нейроны просто взаимодействуют иначе, более синхронно и ритмично. Это похоже на «волну» на стадионе, когда зрители берутся за руки и одновременно встают и садятся.

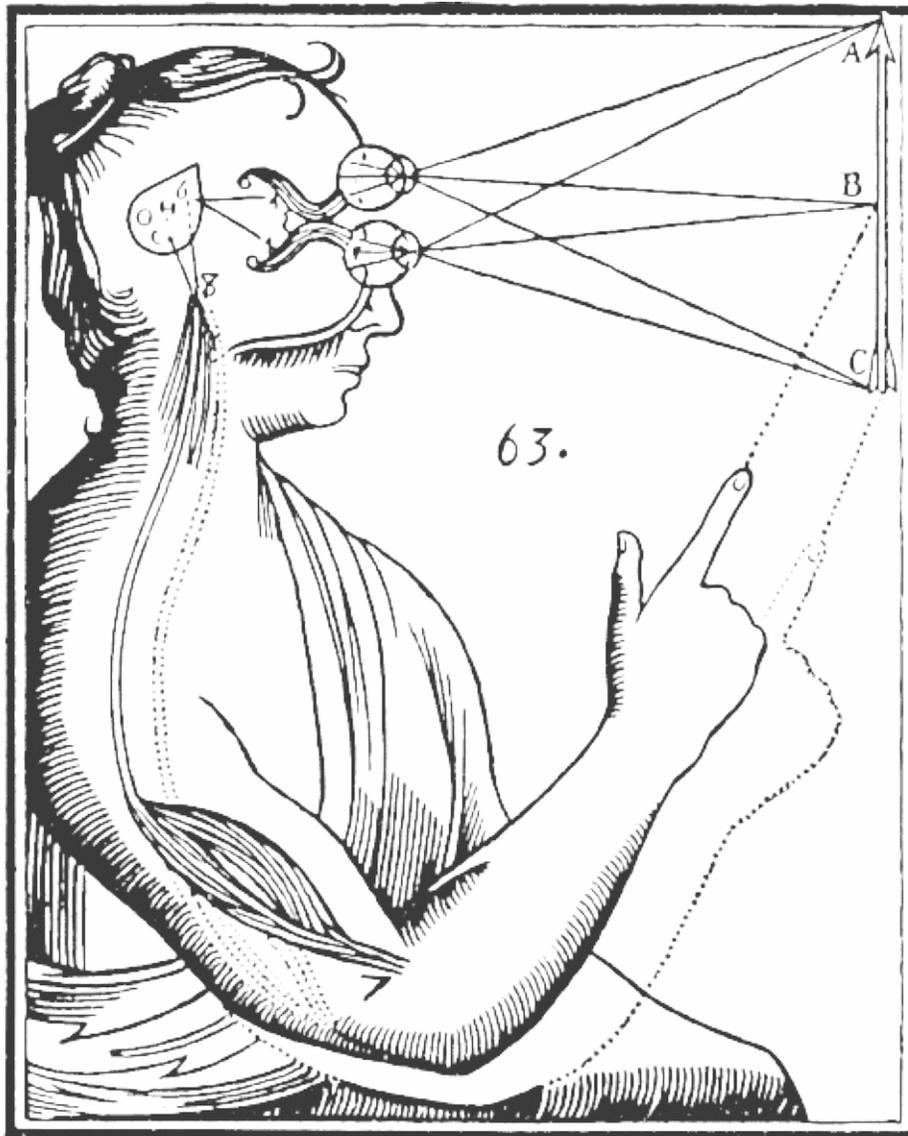
Нетрудно понять, что при наличии тысяч отдельных разговоров сложность процессов на стадионе гораздо выше. И наоборот, демонстрация зрителями «волны» – занятие менее интеллектуальное.

Следовательно, сознание зависит от ритмов возбуждения клеток мозга. Днем, когда вы бодрствуете, ваше «я» возникает как результат интегрированной сложности взаимодействия нейронов. Ночью, когда взаимодействие нейронов немного меняется, вы исчезаете. И близким людям приходится ждать следующего утра, когда ваши нейроны отключат общий ритм и вернуться к сложным связям. Только тогда вернетесь и вы.

Таким образом, ответ на вопрос, кто вы, зависит от того, чем заняты ваши нейроны.

Мозг как снежинка

После окончания магистратуры я получил возможность работать с одним из моих научных кумиров, Фрэнсисом Криком. Когда я с ним познакомился, его больше всего занимала проблема сознания. Доска в кабинете Крика всегда была исписана сверху донизу, но меня удивляло, что одно слово в центре было крупнее остальных. Это слово «смысл». Мы многое узнали о нейронах, нейронных сетях и зонах мозга, но по-прежнему не знаем, почему все эти курсирующие в мозгу сигналы что-то для нас значат. Как вещество в нашем мозгу порождает мысли?



Противоречие между разумом и телом

Сознательное понимание – одна из самых больших загадок современной нейробиологии. Каково взаимоотношение между сознанием и физическим мозгом?

Декарт предполагал, что нематериальная душа существует отдельно от мозга. Он считал, как иллюстрирует рисунок, что сигналы от органов чувств поступают в шишковидную железу мозга, которая служит воротами к нематериальной душе. Скорее всего, Декарт выбрал эту железу потому, что она расположена на оси мозга, тогда как большинство остальных структур сдвоены и имеются в обоих полушариях.

Идею нематериальной души сложно примирить с данными нейробиологии. Декарту не приходилось бывать в неврологическом отделении больницы, иначе он увидел бы, что при изменении мозга меняется личность человека. Одни повреждения мозга вызывают депрессию, другие превращают людей в маньяков, третьи влияют на религиозность, чувство юмора или отношение к азартным играм. Человек может стать нерешительным, агрессивным или подверженным приступам бреда. Это противоречит идее, что психическое можно отделить от физического.

Современная нейробиология стремится выявить связь активности конкретных нейронов с определенными состояниями сознания, но полное понимание сознания потребует новых открытий и теорий; наша наука еще очень молода.

Проблема присвоения смысла пока не решена. Но, как мне кажется, мы уже можем сказать следующее: смысл определяется сетями ассоциаций, в основе которых лежит весь жизненный опыт.

Представьте, что я беру кусок ткани, раскрашиваю его и показываю вам. Вызовет ли он у вас воспоминания, подтолкнет ли воображение? Скорее всего, нет. Ведь это просто кусок ткани, правда?

А теперь представьте, что краска на ткани образует рисунок флага вашей страны. Его вид почти наверняка вызовет у вас ассоциации, однако конкретное значение уникально и зависит от жизненного опыта. Вы не воспринимаете объекты такими, какие они есть. Ваше восприятие определяется тем, кто вы.



Интерпретация материальных объектов зависит в основном от истории вашего мозга и лишь в небольшой степени от самих объектов. Эти два прямоугольника не содержат ничего, кроме сочетания цветовых пятен. Собака не увидит разницы между ними. Ваша реакция на них определяется только вами, а не ими.

У каждого из нас свой путь, определяемый генами и опытом, и в результате каждый мозг имеет уникальную внутреннюю жизнь. Мозги так же не похожи друг на друга, как снежинки.

В мозгу постоянно формируются и перестраиваются триллионы новых связей, и этот присущий только вам рисунок означает, что такого человека, как вы, никогда не было и не будет. Опыт, определяющий ваше сознание в данный момент, уникален.

Физически наш мозг непрерывно меняется, и мы вместе с ним. Мы не являемся чем-то раз и навсегда определенным. Человека можно уподобить незаконченному проекту – от колыбели до могилы.

2. Что такое реальность?

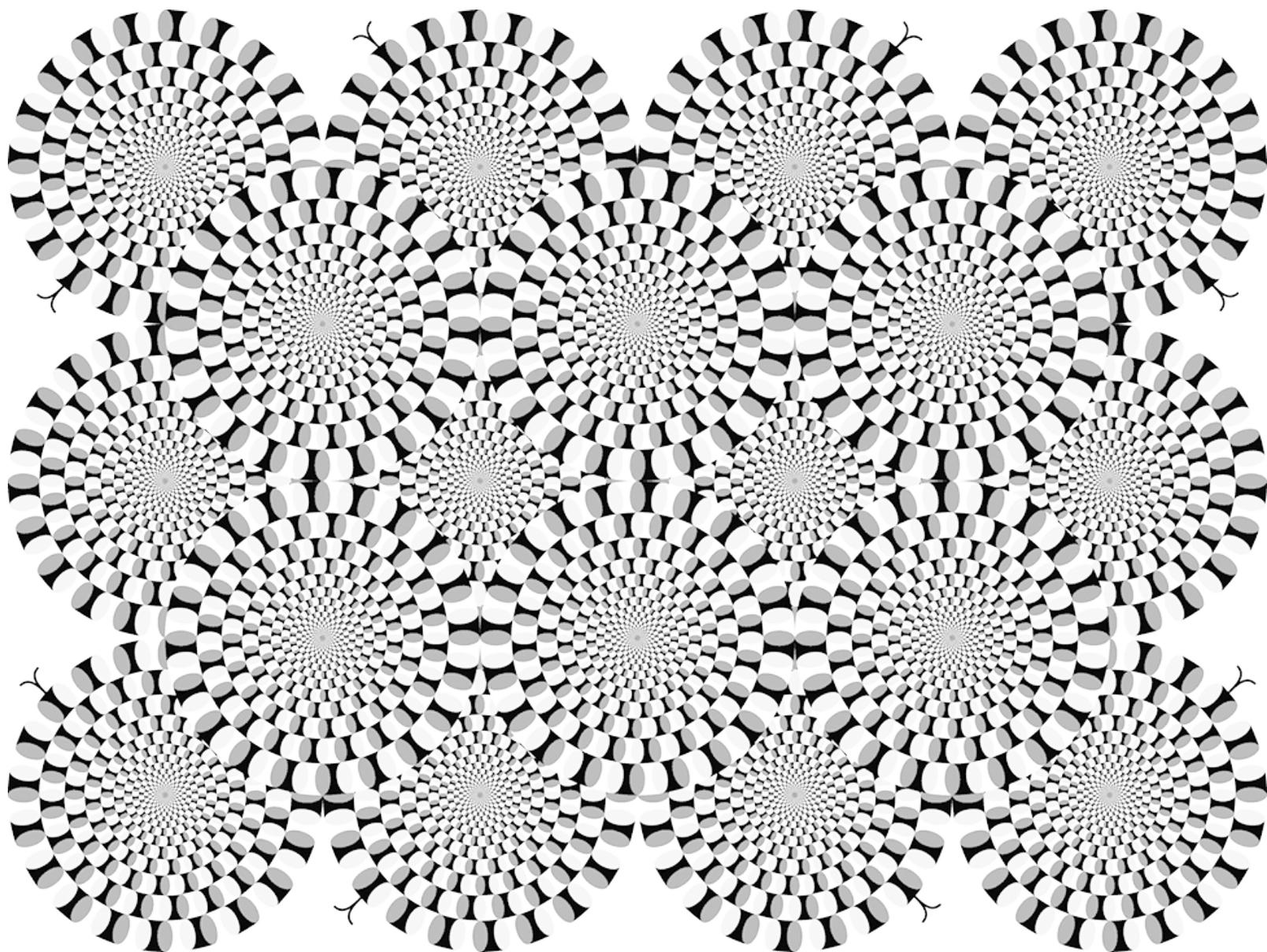
Как биологическая составляющая мозга определяет наше восприятие: изумрудно-зеленый цвет, вкус корицы, запах сырой земли? А если я скажу, что окружающий мир со всем своим богатством красок, текстур, звуков и запахов не более чем иллюзия, шоу, которое разыгрывается для вас мозгом? Имей вы возможность воспринимать реальность такой, какая она есть, вы были бы шокированы отсутствием звуков, красок, запахов и вкусов. За пределами вашего мозга существуют лишь энергия и материя. За миллионы лет эволюции человеческий мозг стал мастером превращения энергии и материи в богатое чувственное восприятие мира. Как он это делает?

Иллюзия реальности

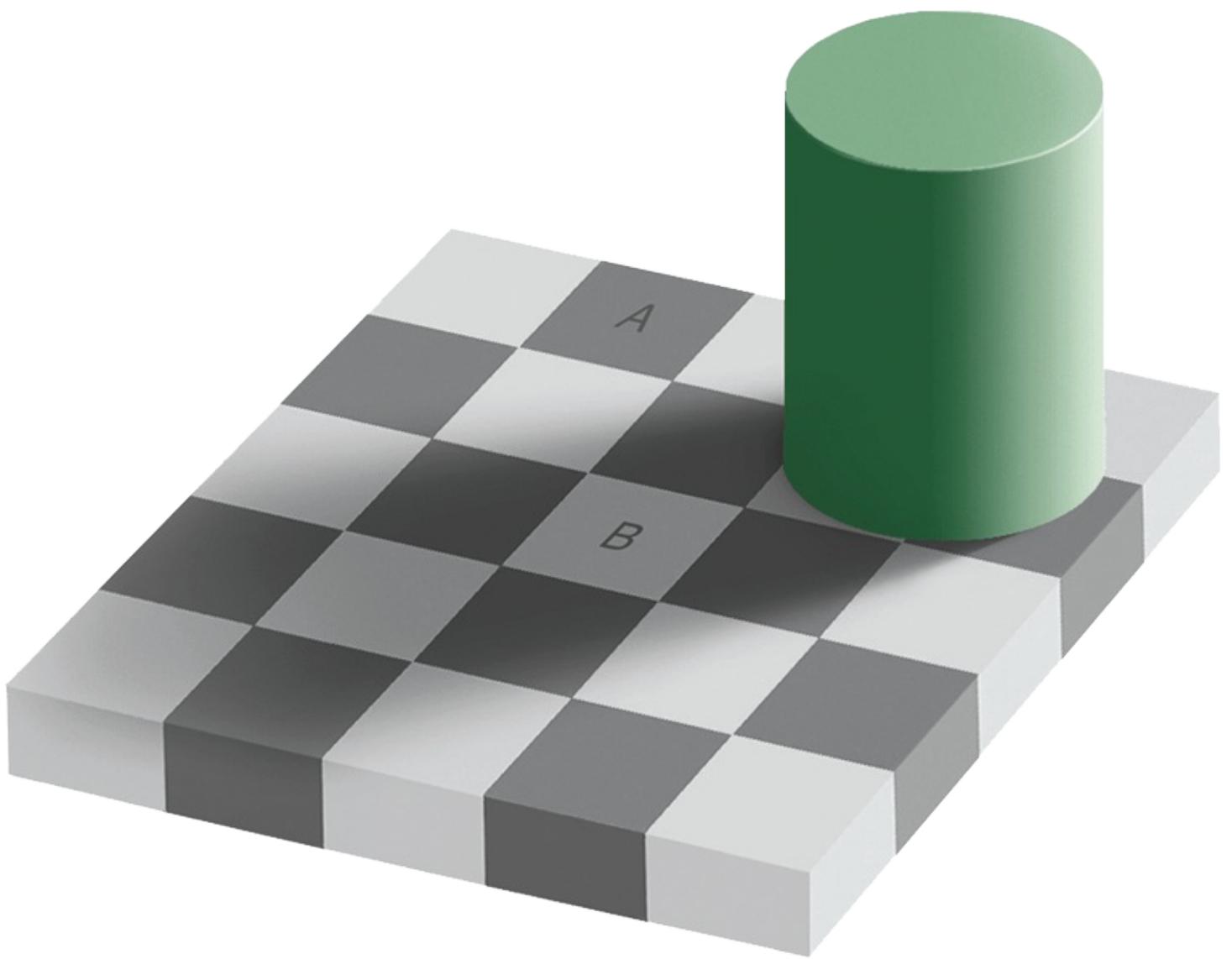
Вы просыпаетесь утром, и в ту же секунду на вас обрушиваются потоки света, звука и запахов. Ваши органы чувств переполнены ощущениями. Достаточно лишь очнуться от сна, и вы без всяких умственных или физических усилий погружаетесь в неоспоримую реальность окружающего мира.

Но какая часть этой реальности представляет собой конструкцию вашего мозга и существует только в вашей голове?

Посмотрите на вращающихся змей на рисунке внизу. Картинка неподвижна, но вам кажется, что змеи ползут. Почему мозг воспринимает движение, если вы точно знаете, что изображение стоит на месте?



Страница книги неподвижна, но вы воспринимаете движение. Иллюзия вращающихся змей Акиоши Китаока.



Сравните цвет квадратов А и В. Иллюзия шахматной доски Эдварда Адельсона.

Или посмотрите на рисунок шахматной доски сверху.

Как это ни странно, квадраты А и В одинакового цвета. Можете сами проверить, закрыв остальную часть рисунка. Почему квадраты выглядят разными, если физически они ничем не отличаются друг от друга?

Подобные иллюзии указывают на то, что наша картина окружающего мира не обязательно точна. Восприятие реальности определяется не столько тем, что происходит снаружи, сколько процессами в нашем мозгу.

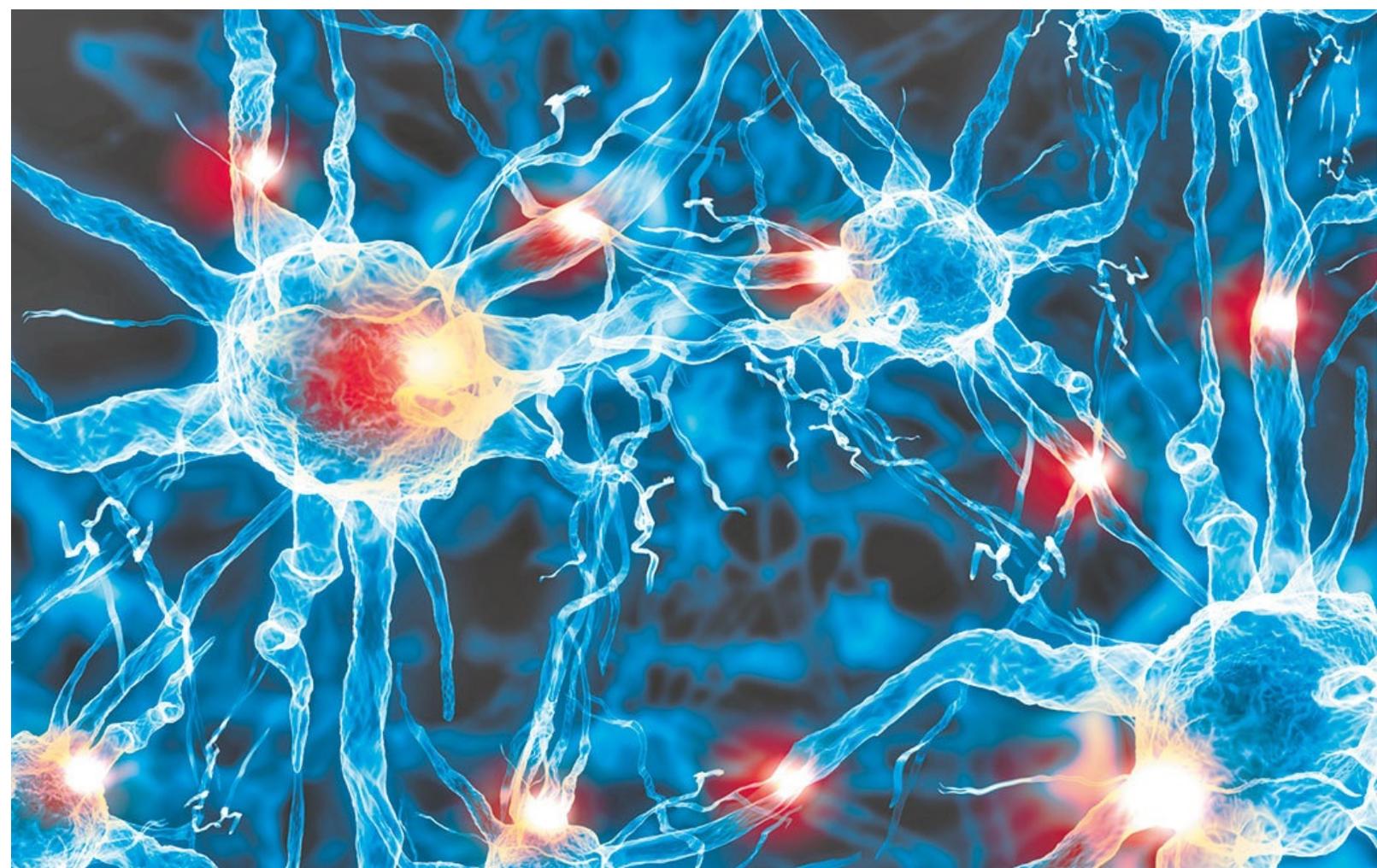
Восприятие реальности

Вам кажется, что при помощи органов чувств вы получаете непосредственный доступ к окружающему миру. Вы можете протянуть руку и дотронуться до физического объекта, например этой книги или стула, на котором вы сидите. Однако то, что вы чувствуете при соприкосновении, нельзя назвать непосредственным восприятием. Вы ощущаете прикосновение пальцами, но на самом деле все происходит в центре управления, расположенном в вашем мозгу. То же самое относится к остальным видам сенсорного восприятия. Вы видите не глазами, слышите не ушами, а запахи ощущаете не носом. Все ваши сенсорные ощущения рождаются в бурях возбуждения внутри вычислительного вещества мозга.

Вот вам подсказка: мозг лишен доступа к окружающему миру. Запертый в темном, безмолвном пространстве черепа, мозг никогда напрямую не контактировал с окружающим миром и никогда не будет контактировать.

Существует единственный путь поступления внешней информации в мозг. Это органы чувств – глаза, уши, нос, рот и кожа, – которые выполняют роль переводчиков. Они принимают сигналы от разнообразных источников информации и преобразуют в общую валюту мозга – электрохимические сигналы.

Эти электрохимические сигналы проходят через густые сети нейронов, главных сигнальных клеток мозга. В мозгу человека насчитывается сто миллиардов нейронов, и каждую секунду каждый нейрон посылает десятки и сотни электрических импульсов сотням других нейронов.



Нейроны сообщаются друг с другом при помощи химических сигналов, получивших название нейротрансмиттеров. Мембраны нейронов с высокой скоростью передают электрические сигналы по всей их длине. На рисунке, выполненном художником, показано пустое пространство, однако между клетками мозга его практически нет – нейроны плотно прижаты друг к другу.

Все наше восприятие – изображение, звук, запах – не является непосредственным, а представляет собой электрохимическое представление в темном театре.

Как же мозг превращает огромное количество электрохимических сигналов в полезное понимание окружающего мира? Он делает это путем сравнения сигналов, которые приходят от разных органов чувств, и выявления закономерностей, позволяющих делать верные догадки о том, что происходит «снаружи». На первый взгляд это дается ему без усилий. Но давайте присмотримся повнимательнее.

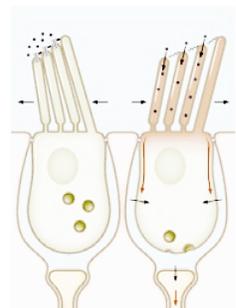
Начнем с главного органа чувств – зрения. Акт зрения кажется настолько естественным, что нам трудно понять, какой огромный механизм за ним стоит. Примерно третья часть человеческого мозга обрабатывает сигналы от органов зрения, превращая фотоны света в лицо матери, в любимого домашнего питомца или в диван, на котором мы собираемся вздремнуть. Чтобы снять покров тайны с того, что происходит в мозгу, обратимся к истории человека, который утратил зрение, а затем получил возможность его вернуть.

Я был слеп, а теперь вижу

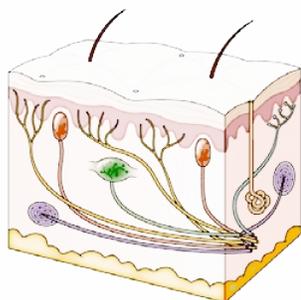
Майк Мэй потерял зрение в возрасте трех с половиной лет. Химический ожог уничтожил роговицу, и в его глаза перестали попадать фотоны. Несмотря на слепоту, Майк стал успешным бизнесменом, а также великолепным лыжником, ориентируясь на склонах по звуковым сигналам.

Затем после сорока лет слепоты Майк узнал о новаторском методе лечения стволовыми клетками, способном исправить физические повреждения глаз. Он решился на операцию – его слепота была обусловлена разрушением роговицы, и решение выглядело очевидным.

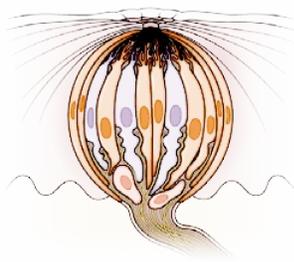
Но случилось непредвиденное. Телевизионные камеры записали момент снятия повязки с глаз. Майк так описывает свои ощущения, когда врач снял бинты: «В мои глаза хлынул свет и поток образов. Внезапно прорвалась плотина зрительной информации. Это потрясающе».



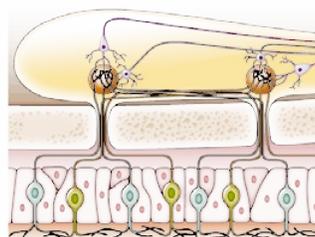
Слух



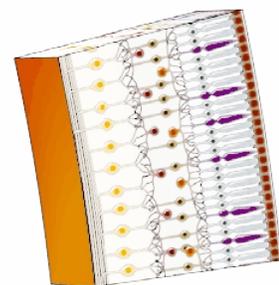
Осязание



Вкус



Обоняние



Зрение

СЕНСОРНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Биология знает множество способов преобразования информации из окружающего мира в электрохимические сигналы. Вот несколько устройств, которые есть у вас: волосковые клетки внутреннего уха, несколько типов осязательных рецепторов кожи, вкусовые сосочки языка, молекулярные рецепторы обонятельной луковицы и фоторецепторы на задней стенке глаза.

Сигналы из внешнего мира преобразуются в электрохимические сигналы, которые передаются клетками мозга. Это первый этап восприятия мозгом информации из окружающей среды. Глаза преобразуют фотоны света в электрические сигналы. Механизм внутреннего уха превращает колебания плотности воздуха в электрические сигналы. Рецепторы на коже (а также внутри тела) преобразуют давление, растяжение, температуру и воздействие вредных веществ в электрические сигналы. В городе, куда съезжаются гости со всего мира, иностранную валюту, прежде чем проводить значимые транзакции, необходимо поменять на ту, которая имеет хождение в этом городе. То же

самое справедливо для мозга. Он глубоко космополитичен, приглашая путешественников самого разного происхождения.

Одна из нерешенных проблем нейробиологии получила название «проблемы увязки»: как мозгу удастся создать единую, связную картину мира, если зрительный сигнал обрабатывается в одном отделе, слуховой – в другом, осязательный – в третьем и т. д.? Мы до сих пор не знаем ответа на этот вопрос, но общая валюта нейронов, а также высокая степень их взаимосвязи могут указывать путь к решению проблемы.

Новая роговица Майка должным образом пропускала и фокусировала свет, но его мозг не понимал поступающую информацию. Под прицелом телевизионных камер Майк смотрел на своих детей и улыбался им, но внутренне был в полной растерянности, поскольку не мог сказать, как они выглядят или кто из них кто. «Я вообще не умел распознавать лица», – вспоминал он.

С точки зрения хирургии трансплантация закончилась полным успехом, однако, с точки зрения Майка, его ощущения нельзя было назвать зрением. Как он сам выразился, его «мозг находился в состоянии «Подумать только!».

С помощью врачей и родных он вышел из смотровой комнаты и пошел по коридору, бросая взгляды на ковер, на картины на стене и на двери. Все это не имело для него смысла. Когда же его посадили в машину и повезли домой, Майк смотрел на проносящиеся мимо дома, здания, людей и безуспешно пытался понять, что он видит. На шоссе он съезжился от страха, думая, что машина врежется в большой прямоугольник впереди. Оказалось, что они просто проезжали под дорожным указателем. Майк не мог определять расстояние до объектов и их глубину. После операции кататься на лыжах ему стало даже труднее – из-за сложностей с восприятием он с трудом различал деревья, людей, тени и впадины. Все они казались ему просто темными предметами на белом снегу.

Пример Майка показывает, что наша зрительная система не похожа на видеокамеру. Чтобы видеть, недостаточно просто снять крышку с объектива. Необходимо нечто большее, чем здоровые глаза.

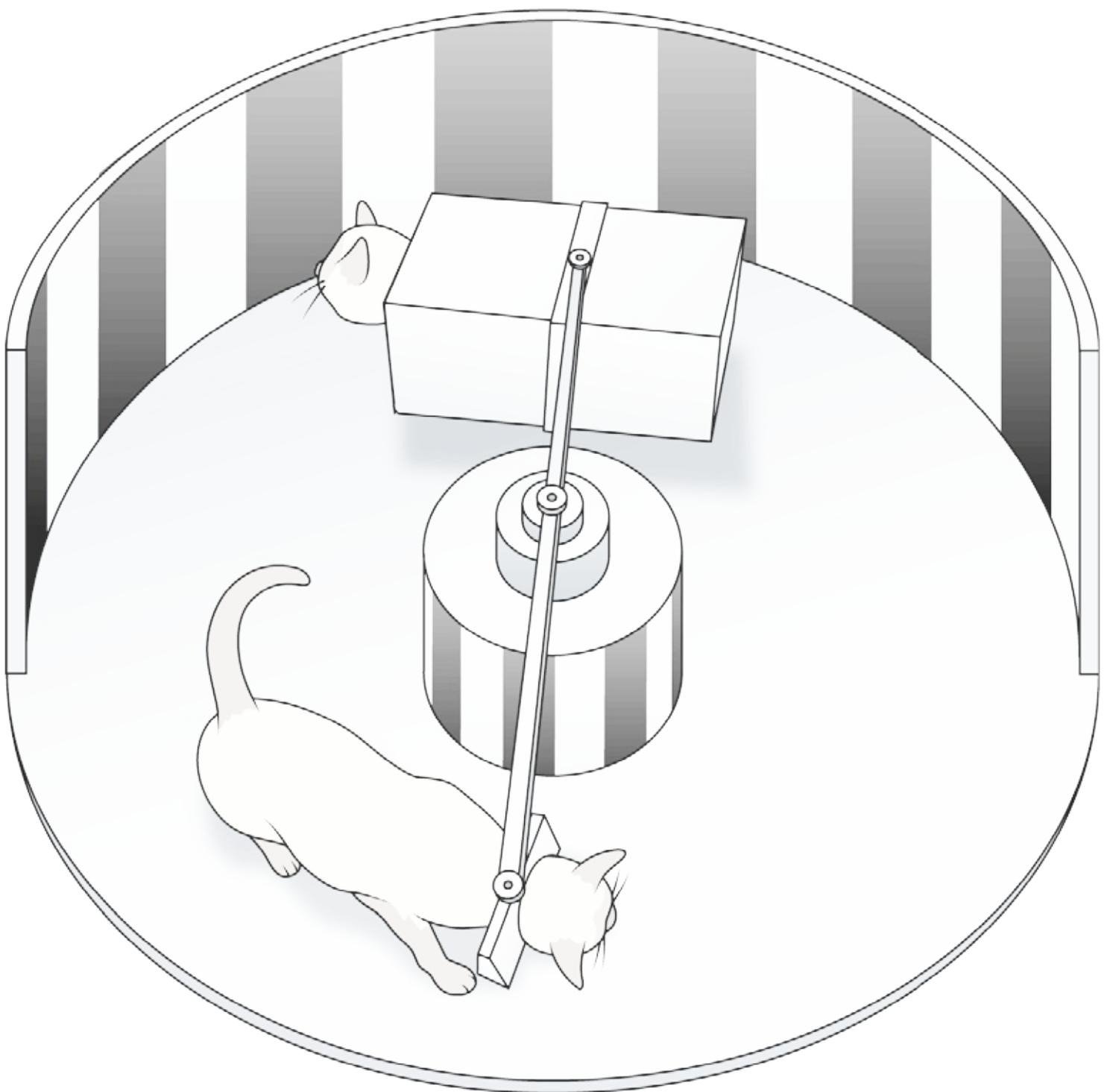
В случае с Майком сорок лет слепоты означали, что территория его зрительной системы (обычно мы называем ее зрительной зоной окры) была по большей части занята остальными чувствами, такими как слух и осязание. Это повлияло на способность мозга соединять все сигналы, необходимые для зрения. Как мы увидим ниже, зрение возникает в результате координации миллиардов нейронов, взаимодействие которых образует сложную симфонию.

В настоящее время, через тринадцать лет после операции, Майк с трудом читает слова на бумаге и различает выражения лиц людей. Когда ему требуется уточнить свое несовершенное зрительное восприятие, он использует для проверки информации другие органы чувств: дотрагивается до предмета, поднимает его, слушает. Это сравнение ощущений характерно для маленьких детей, чей мозг познает окружающий мир.

Для зрения нужны не только глаза

Когда младенец протягивает руку и дотрагивается до предмета перед собой, он не только исследует его текстуру и форму. Эти действия необходимы для того, чтобы научиться видеть. Идея, что движения нашего тела необходимы для зрения, может показаться странной, однако ее изящное доказательство было продемонстрировано в 1963 г.

Ричард Хелд и Алан Хейн, исследователи из Массачусетского технологического института, поместили двух котят в цилиндр с полосатыми стенками. Оба котенка получали зрительную информацию от движения внутри цилиндра. Но между их восприятием имелось одно важное отличие: первый котенок гулял свободно, а второй находился в корзинке, прикрепленной к центральной оси цилиндра. В результате оба котенка видели одно и то же – полосы, перемещавшиеся для обоих животных с одинаковой скоростью. Если бы зрение определялось только достигающими глаз фотонами, зрительные системы котят развивались бы одинаково. Но результат удивил исследователей: нормальное зрение развилось только у того котенка, который мог свободно двигаться. Тот, что сидел в корзинке, так и не научился правильно видеть; его зрительная система должным образом не развилась.



Внутри цилиндра с вертикальными полосами один котенок ходил, а второго возили. Оба получали одинаковую зрительную информацию, но только тот, который двигался сам и мог соотносить свои движения с изменением зрительной информации, научился правильно видеть.

Зрение не ограничивается интерпретацией фотонов зрительной зоной коры мозга – поступающие в мозг сигналы воспринимаются всем телом. Они могут обрести смысл только в результате обучения, которое требует соотнесения этих сигналов и с информацией о наших действиях и сенсорных последствиях этих действий. Это единственный способ обучить мозг правильно интерпретировать поступающие по зрительному каналу данные.

Если человека с самого рождения лишить возможности взаимодействовать с окружающим миром и с помощью обратной связи определять значение сенсорной информации, теоретически он никогда не научится видеть. Когда младенцы ударяются о решетку кровати,

грызут игрушки и играют с кубиками, они не просто исследуют мир, но тренируют свою зрительную систему. Запертый в темноте, их мозг узнает, каким образом действия в отношении окружающего мира (повернуть голову, потянуть за это, отпустить то) изменяют сенсорные сигналы, которые он получает в ответ. В результате этих разнообразных экспериментов тренируется зрение.

Мы ошибаемся, считая, что зрение не требует усилий

Зрение кажется таким естественным, что нам трудно осознать, какие усилия прилагает мозг для его обеспечения. Чтобы приоткрыть завесу тайны над этим процессом, я полетел в город Ирвайн, штат Калифорния. Мне захотелось увидеть, что происходит с моей зрительной системой, когда она не получает ожидаемых сигналов.

Доктор Алисса Брюэр из Калифорнийского университета исследует степень адаптируемости мозга. Она снабжает участников эксперимента призматическими очками, которые меняют местами левую и правую сторону окружающего мира, и изучает, как справляется с этой ситуацией зрительная система.

Ясным весенним днем я надел призматические очки. Мир перевернулся – предметы, которые находились от меня справа, теперь казались расположенными слева, и наоборот. Когда я пытался определить, где стоит Алисса, зрительная система говорила мне одно, а слух – другое. Мои ощущения не совпадали. Когда я протягивал руку, чтобы взять какой-то предмет, изображение руки не совпадало с положением, на которое указывали мышцы. После двух минут в очках я взмок от пота и почувствовал тошноту.



Призматические очки переворачивают окружающий мир, так что становится чрезвычайно трудно выполнить простые действия, например налить воду в чашку, взять предмет или пройти в дверь, не стукнувшись о косяк.

Мои глаза функционировали и передавали информацию об окружающем мире, но поток визуальных данных не согласовывался с другими потоками данных. Это стало огромной нагрузкой для мозга. Словно я заново учился видеть.

Я знал, что трудности, связанные с ношением очков, – явление временное. Другой участник эксперимента, Брайан Бартон, не снимал призматические очки уже неделю. И похоже, его не

мучила тошнота. Чтобы сравнить наши уровни адаптации, я вызвал его на кулинарный поединок. Мы должны были разбить яйца в миску, высыпать туда смесь для кексов, размешать тесто, разлить по формочкам и поставить в духовку.

Поединок вышел неравным: кексы Брайана, извлеченные из духовки, были абсолютно нормальными, а бóльшая часть моего теста засохла на столе или размазалась по противню. Брайан без особого труда ориентировался в окружающем мире, тогда как я оставался практически беспомощным. Мне приходилось сознательно управлять каждым движением.

Очки позволили мне почувствовать необходимые для обработки зрительной информации усилия, которые мы обычно не замечаем. Утром, до того как я надел очки, мой мозг мог воспользоваться многолетним опытом взаимодействия с окружающим миром. Но после простого переворачивания сенсорного сигнала прошлый опыт оказался бесполезным.

Я знал: чтобы сравняться в ловкости с Брайаном, мне понадобится еще несколько дней взаимодействия с окружающим миром – протягивать руку и брать предметы, следить за тем, откуда доносятся звуки, обращать внимание на положение рук и ног. Попрактиковавшись, мой мозг привыкнет к противоречивым сигналам от органов чувств точно так же, как за семь дней привык мозг Брайана. Мои нейронные сети научатся понимать, как разные потоки данных, поступающие в мозг, соотносятся с другими потоками данных.

Брюэр сообщает, что через несколько дней, проведенных в очках, у людей развивается внутреннее чувство, позволяющее отличить новые «лево» и «право» от старых. Через неделю испытуемые уже нормально двигаются, как Брайан, и забывают о новых и старых «лево» и «право». Их пространственная карта мира меняется. Через две недели они могут без труда читать и писать, ходят и берут предметы так же ловко, как и люди без очков. За такой короткий промежуток времени они справляются с перевернутым потоком информации.

Мозгу безразличны подробности ввода данных; он просто стремится определить, как наиболее эффективно ориентироваться в окружающем мире и получать то, что ему нужно. Вся тяжелая нагрузка по обработке сигналов низкого уровня приходится на его долю. Если вы наденете призматические очки, вам придется выполнять эту работу самому, и тогда вы поймете, сколько энергии тратит мозг, чтобы зрение казалось естественным и не требующим усилий.

Синхронизация чувств

Итак, мы видели, что мозгу для формирования восприятия необходимо сравнивать друг с другом разные потоки сенсорных данных. Однако есть один аспект, который превращает такое сравнение в настоящее достижение, – это синхронизация. Все потоки сенсорных данных – зрение, слух, осязание и т. д. – обрабатываются мозгом с разной скоростью.

Представьте спринтеров на беговой дорожке. Зрителю кажется, что они срываются с места в момент выстрела стартового пистолета. Но происходит это не мгновенно: просмотрев старт в замедленном темпе, вы заметите довольно большую задержку между выстрелом и началом движения – почти две десятые секунды. (На самом деле если бегуны стартуют раньше, их дисквалифицируют за фальстарт.) Спортсмены тренируются, чтобы сделать эту задержку как можно меньше, серьезным препятствием на этом пути становится биология человека: мозг должен зарегистрировать звук, послать сигналы в моторную зону коры, а затем по спинному мозгу к мышцам тела. В спорте, где победу от поражения могут отделять сотые доли секунды, эта реакция кажется на удивление медленной.



Спринтеры быстрее стартуют по звуковому сигналу (нижний снимок), чем по световому (верхний снимок).

Можно ли уменьшить задержку, если вместо звукового сигнала использовать, например, вспышку? В конце концов, свет распространяется быстрее звука – не позволит ли это бегунам стартовать быстрее?

Я пригласил знакомых спринтеров, чтобы проверить свое предположение. На верхнем снимке мы стартуем по вспышке света, на нижнем – по звуку стартового пистолета.

Мы медленнее реагируем на свет. На первый взгляд это нелогично, если учесть скорость света во внешнем мире. Но, если мы хотим понять, что происходит, необходимо рассмотреть скорость обработки информации в мозгу. Зрительные данные подвергаются более сложной обработке, чем слуховые. Сигналам, несущим зрительную информацию, требуется больше времени, чтобы пройти через зрительную систему, чем сигналам от выстрела, чтобы пройти через слуховую систему. На свет мы способны среагировать за 190 миллисекунд, а на звук – всего за 160 миллисекунд. Вот почему в спорте используют стартовый пистолет.

А вот тут начинаются странности. Мы только что убедились: мозг обрабатывает звуковые сигналы быстрее световых. Теперь внимательно проследите, что происходит, когда вы хлопаете в ладоши. Попробуйте. Изображение и звук синхронизированы. Как это может быть, если звук обрабатывается быстрее? Значит ли это, что ваше восприятие реальности в конечном счете является результатом хитрого редактирования: мозг скрывает разницу во времени поступления сигналов? Каким образом? То, что мы считаем реальностью, на самом деле является задержанной версией. Мозг собирает всю информацию от органов чувств, а затем рисует картину происходящего.

Сложная синхронизация характерна не только для слуха и зрения: для обработки каждого типа сенсорной информации требуется разное время. Например, сигналам от большого пальца ноги требуется больше времени, чтобы дойти до мозга, чем сигналам от носа. Но восприятие от этого не нарушается. Сначала вы собираете все сигналы, и поэтому все выглядит синхронизированным. В результате получается странная ситуация: вы живете в прошлом. То, что вы считаете происходящим в данный момент, на самом деле уже давно прошло. Платой за синхронизацию данных, поступающих от органов чувств, является задержка сознательного понимания того, что происходит в материальном мире. Это непреодолимый лаг между событием и его сознательным восприятием.

Органы чувств отключаются, но шоу продолжается?

Наше восприятие реальности полностью конструируется мозгом. В его основе лежат потоки данных от органов чувств, но само восприятие от них не зависит. Откуда нам это известно? Все просто: если отключить органы чувств, реальность не исчезает. Она искажается.

В один из солнечных дней я приехал в Сан-Франциско и сел на катер, который повез меня через холодные воды залива к Алькатрасу, некогда знаменитой тюрьме на острове. Я собирался взглянуть на одну камеру, получившую название «Дыра». Нарушителей закона отправляли в Алькатрас. Нарушителей правил Алькатраса отправляли в Дыру.

Я вошел в камеру и закрыл за собой дверь. Размеры помещения – примерно три на три метра. Меня обступила кромешная тьма: сюда не проникал ни один фотон света. Звуки извне тоже полностью заглушались. Здесь вы оставались наедине с самим собой.

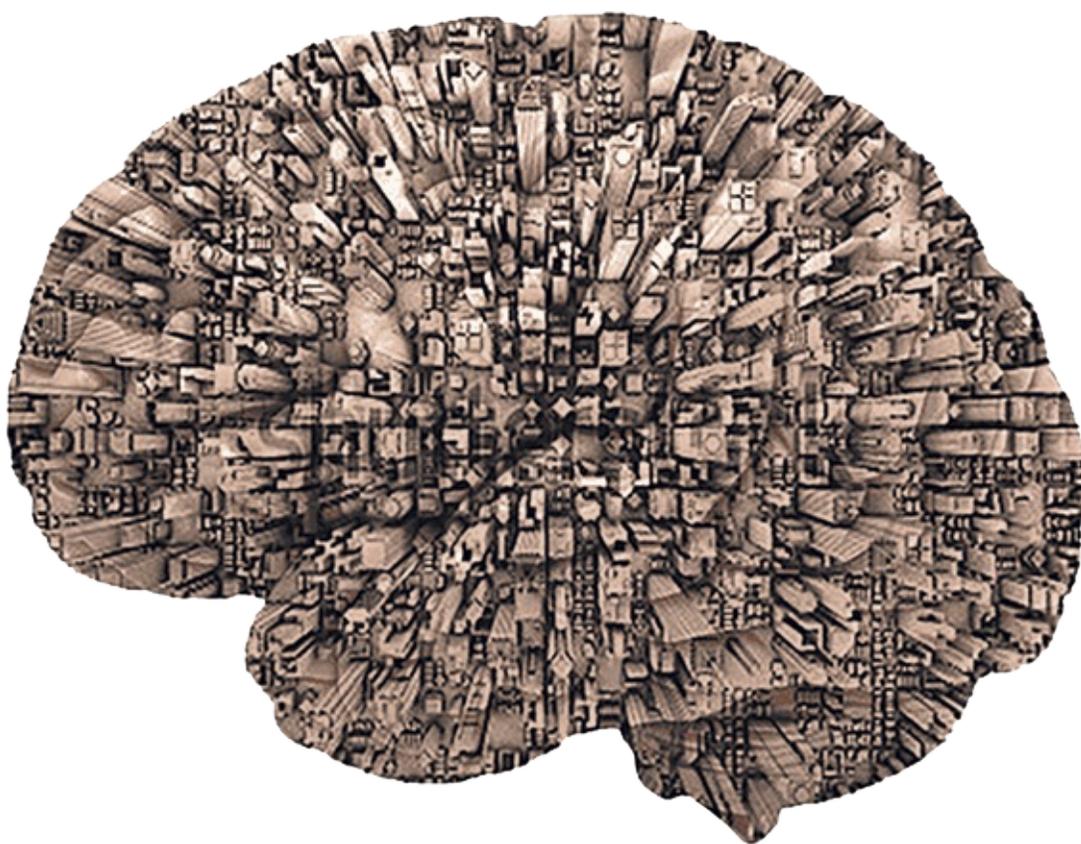
Как себя чувствует человек, запертый в камере на много часов или дней? Чтобы это выяснить, я побеседовал с бывшим заключенным, которого сюда помещали. Роберта Люка, осужденного за вооруженное ограбление, поместили в Дыру на двадцать девять дней за то, что он разгромил свою камеру. Люк так описывает свои впечатления: «Темная Дыра была плохим местом. Некоторые парни не выдерживали. Я имею в виду, что они попадали туда и через пару дней бились головой о стену. Неизвестно, как вы будете себя вести, когда окажетесь там. Лучше не пробовать».

В полной изоляции от внешнего мира, из которого не проникал ни звук, ни свет, глаза и уши Люка сигналов не получали, но его сознание не утратило представления об окружающем мире. Оно продолжало его конструировать. Вот как Люк описывает свои ощущения: «Я помню путешествия. Особенно полет на воздушном змее. Это было как наяву. Но все происходило только у меня в голове». Мозг Люка продолжал видеть.

Такие ощущения нередки для заключенных, сидящих в одиночных камерах. Другой человек, побывавший в Дыре, рассказывал, что перед его внутренним взором появлялось пятно света; он мог расширить это пятно, превратить его в экран и смотреть телевизор. Заключенные рассказывали, что, лишённые новой сенсорной информации, они не просто грезил наяву – их ощущения казались абсолютно реальными. Они не представляли образы, а видели их.

Подобные свидетельства указывают на характер связи между внешним миром и тем, что мы принимаем за реальность. Как понять, что происходило с Люком? В традиционной модели зрения восприятие является результатом обработки данных, которая начинается в глазах и заканчивается в некой таинственной конечной точке мозга. Однако, несмотря на простоту этой конвейерной модели зрения, она неверна.

На самом деле мозг создает собственную реальность, причем даже раньше, чем получает информацию от глаз и других органов чувств. Это называется внутренней моделью.



Мозг как город

Работа мозга, как и жизнь города, состоит из сетевого взаимодействия бесчисленных частей. Нередко возникает искушение приписать каждому участку мозга определенную функцию – «данный участок отвечает за это». Однако, несмотря на многолетние попытки построения такой схемы, работа мозга не может рассматриваться как сумма действий ряда строго очерченных модулей.

Мозг правильнее сравнивать с городом. Если, взглянув на город, вы спросите: «Где тут находится экономика?» – то поймете, что удовлетворительного ответа на этот вопрос не существует. Экономика возникает из взаимодействия всех элементов – от магазинов и банков до торговцев и покупателей.

То же самое можно сказать о работе мозга: она распределена. Как и в городе, все элементы в нем связаны. И в мозгу, и в городе все возникает в результате взаимодействия между жителями на всех уровнях, и локальных, и удаленных. В город поезда привозят материалы, которые обрабатываются экономическими субъектами, а в нашем теле первичные электрохимические сигналы от органов чувств доставляются по «автострадам» нейронов к мозгу. Там эти сигналы обрабатываются и превращаются в осознаваемую реальность.

Основу внутренней модели можно увидеть в анатомии мозга. Таламус расположен между глазами в передней части головы, а зрительная зона коры – в затылочной области. Большая часть сенсорной информации по пути в соответствующую зону коры проходит через таламус. Зрительная информация поступает в зрительную зону коры, и поэтому туда от таламуса идет

огромное количество связей. Удивительно другое: количество связей, идущих в обратном направлении, в десять раз больше.

Подробное представление о мире – другими словами, «догадки» мозга о том, что там происходит, – передается от зрительной зоны коры в таламус. Затем таламус сравнивает эту информацию с той, которая поступает от глаз. Если ожидания оправдываются («когда я поверну голову, то увижу там стул»), то назад в зрительную систему уходит очень мало сигналов. Таламус просто сообщает о разнице между информацией от глаз и тем, что предсказала внутренняя модель мозга. Другими словами, в зрительную кору направляется лишь то, что не соответствует ожиданиям (мы также называем это «ошибкой»): то, что не было предсказано.



Зрительная информация поступает из глаз в латеральное колленчатое ядро, а затем в первичную зрительную зону коры (золотистый цвет). Как это ни странно, в десять раз больше связей передают информацию в обратном направлении (фиолетовый цвет).

Таким образом, в любой момент то, что мы принимаем за зрение, основано не столько на потоке света, попадающем в наши глаза, сколько на том, что уже находится у нас в голове.

Именно этим объясняются яркие зрительные ощущения Роберта Люка, сидевшего в

абсолютно темной камере. Когда он был заперт в Дыре, его органы чувств не снабжали мозг новой информацией, и поэтому внутренняя модель ничем не корректировалась, в результате он видел яркие краски и слышал громкие звуки. Даже отрезанный от внешних данных, мозг продолжает генерировать собственные образы. Внешнего мира больше нет, но представление продолжается.

Чтобы почувствовать внутреннюю модель, не обязательно попадать в Дыру. Многие люди получают огромное удовольствие от камер сенсорной депривации – темных капсул, где они плавают в соленой воде. Избавляясь от якоря внешнего мира, они освобождают свой внутренний мир.

Кроме того, у каждого из нас имеется своя камера сенсорной депривации. Ночью во время сна перед вашими глазами проплывают необыкновенно живые и реалистичные зрительные образы. Глаза закрыты, но вы наслаждаетесь богатым и ярким миром снов, веря в реальность каждой мелочи.

Увидеть свои ожидания

Когда вы идете по улице, то узнаете все автоматически, без необходимости вдаваться в детали. Мозг делает предположения о том, что вы видите, на основе внутренней модели, которая создана на основе многолетнего опыта пребывания на улицах города. Весь ваш предыдущий опыт внес вклад в построение внутренней модели.

Вместо того чтобы с помощью органов чувств каждый раз заново создавать реальность с нуля, вы сравниваете сенсорную информацию с моделью, уже построенной мозгом: дополняете, уточняете, исправляете. Мозг так умело справляется с этой задачей, что обычно вы ничего не замечаете. Но иногда, при определенных условиях, вы можете наблюдать этот процесс.



Когда вы смотрите на обратную сторону пустотелой маски (справа), она кажется выпуклой. То, что мы видим, очень сильно зависит от наших ожиданий.

Возьмите пластмассовую маску вроде тех, что носят на Хеллоуин. Теперь поверните ее вогнутой стороной к себе. Вы знаете, что внутри у нее пусто, но все равно видите выпуклое

лицо. То есть вы воспринимаете не данные, попадающие к вам через глаза, а внутреннюю модель – модель, которая всю вашу жизнь создавалась выпуклыми лицами людей. (Существует простой способ самостоятельно продемонстрировать иллюзию пустотелой маски: сделайте отпечаток лица в свежем снегу и сфотографируйте его. Изображение на снимке воспринимается мозгом как объемная, выпуклая скульптура из снега.)

Кроме того, именно внутренняя модель обеспечивает стабильность внешнего мира, даже когда вы двигаетесь. Представьте, что перед вами городской пейзаж, который вам хочется запомнить. Вы достаете сотовый телефон и снимаете видео. Но вместо того чтобы плавно вести камеру для панорамной съемки, вы начинаете двигать ее так, как двигаются ваши глаза. Вы этого не замечаете, но глаза совершают быстрые скачкообразные движения приблизительно четыре раза в секунду. Если бы вы точно так же снимали на камеру телефона, то скоро обнаружили бы, что ничего хорошего из этого не выходит: смотреть на дергающиеся кадры практически невозможно.

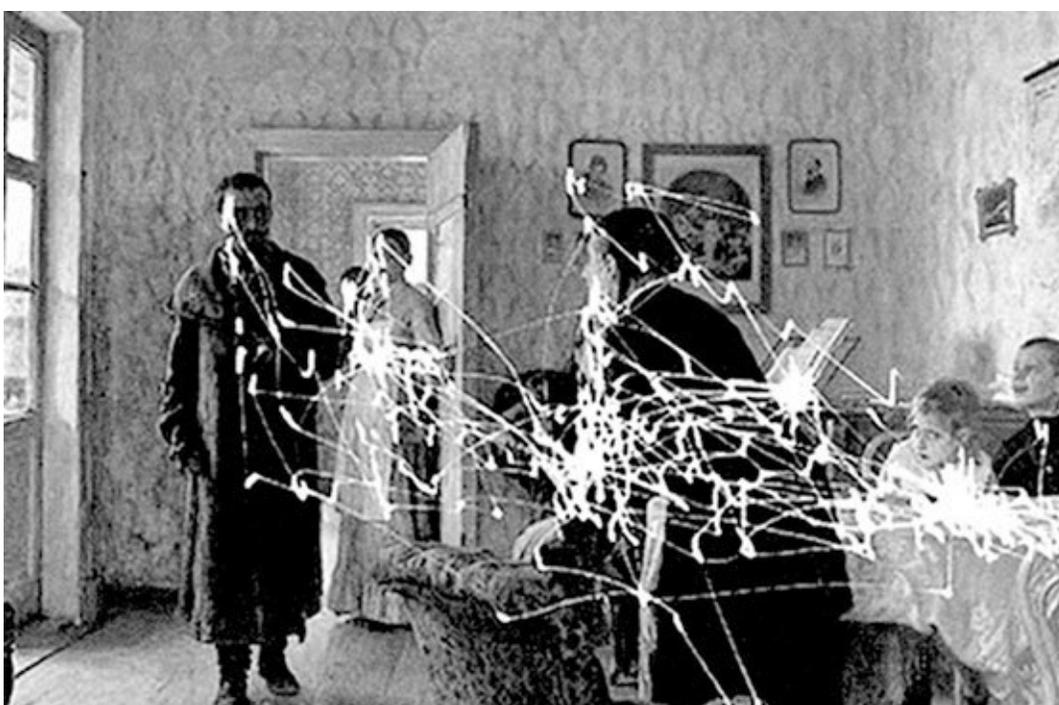
Но почему окружающий мир выглядит стабильным? Почему не дергается, как неумело снятое видео? Причина проста: внутренняя модель оперирует предположением, что окружающий мир стабилен. Глаза не похожи на видеокамеры – они просто выискивают дополнительные подробности для внутренней модели. Это не объективы, через которые вы смотрите наружу; они лишь собирают информацию для построения мира внутри вашего черепа.

Внутренняя модель имеет низкое разрешение, но способна обновляться

Наша внутренняя модель окружающего мира позволяет быстро оценить обстановку. И это ее главное назначение – сориентировать нас. Не столь очевидно другое: какое огромное количество мелких деталей мозг пропускает. Мы пребываем в иллюзии, что видим окружающий мир во всех подробностях. Но как показывает эксперимент, проведенный в 1960-х гг., это представление ошибочно.

Русский психолог Альфред Ярбус придумал способ проследить за движением глаз человека, когда он видит какое-либо изображение впервые. Ярбус в течение трех минут показывал участникам эксперимента картину Ильи Репина «Не ждали», попросив запомнить во всех подробностях, а затем убирал картину и предлагал ее описать.

Когда я воспроизводил этот эксперимент, то дал испытуемым время, чтобы их мозг построил внутреннюю модель изображения. Но насколько подробна эта модель? Я задавал участникам эксперимента вопросы о картине, и все были уверены, что прекрасно помнят ее. Но при попытке выяснить детали стало ясно, что бóльшая их часть не запечатлелась в мозгу испытуемых. Сколько картин висело на стенах? Какая еще мебель была в комнате? Сколько там детей? Лежал ли на полу ковер? Какое выражение лица у нежданного гостя? Невозможность ответить на эти вопросы указывает, что люди имели только общее представление о картине. И они очень удивились, обнаружив, что даже при таком низком разрешении внутренней модели у них сохранялось ощущение ее полноты. После вопросов я снова дал им взглянуть на картину, чтобы кое-что прояснить. Их глаза искали информацию и передавали ее для новой, усовершенствованной внутренней модели.



Мы проследили за движениями глаз добровольцев, смотревших на картину Ильи Репина «Не ждали». Белые полосы показывают движения глаз. Хотя взгляд перемещался по всей картине, в мозгу не запечатлелось почти никаких подробностей.

И это не ошибка мозга. Он не пытается создать точную симуляцию окружающего мира. Внутренняя модель представляет собой грубое приближение – достаточное, чтобы мозг знал, где при необходимости искать мелкие детали и дополнительные подробности.

Почему же мозг не дает нам полной картины? Дело в том, что с точки зрения затрат энергии мозг обходится нам очень дорого. На него расходуется 20 % потребляемых нами калорий. Поэтому мозг старается работать как можно эффективнее, то есть обрабатывать минимальное количество информации от органов чувств – лишь бы ее хватило для ориентации в окружающем мире.

Нейробиологи не были первыми, кто обнаружил, что человек не обязательно видит то, на чем остановился его взгляд. Фокусникам это давно известно. Управляя вниманием зрителей, они проделывают ловкие трюки прямо у них на глазах. Их действия должны были бы привести к разоблачению, однако фокусники могут не беспокоиться – мозг обрабатывает лишь малую толику зрительной информации.

Это помогает объяснить большое количество автомобильных аварий, когда водители сбивают пешеходов, которых прекрасно видят, или сталкиваются с другими машинами, находящимися прямо перед ними. Во многих случаях глаза смотрели в нужном направлении, но мозг не видел, что там действительно происходит.

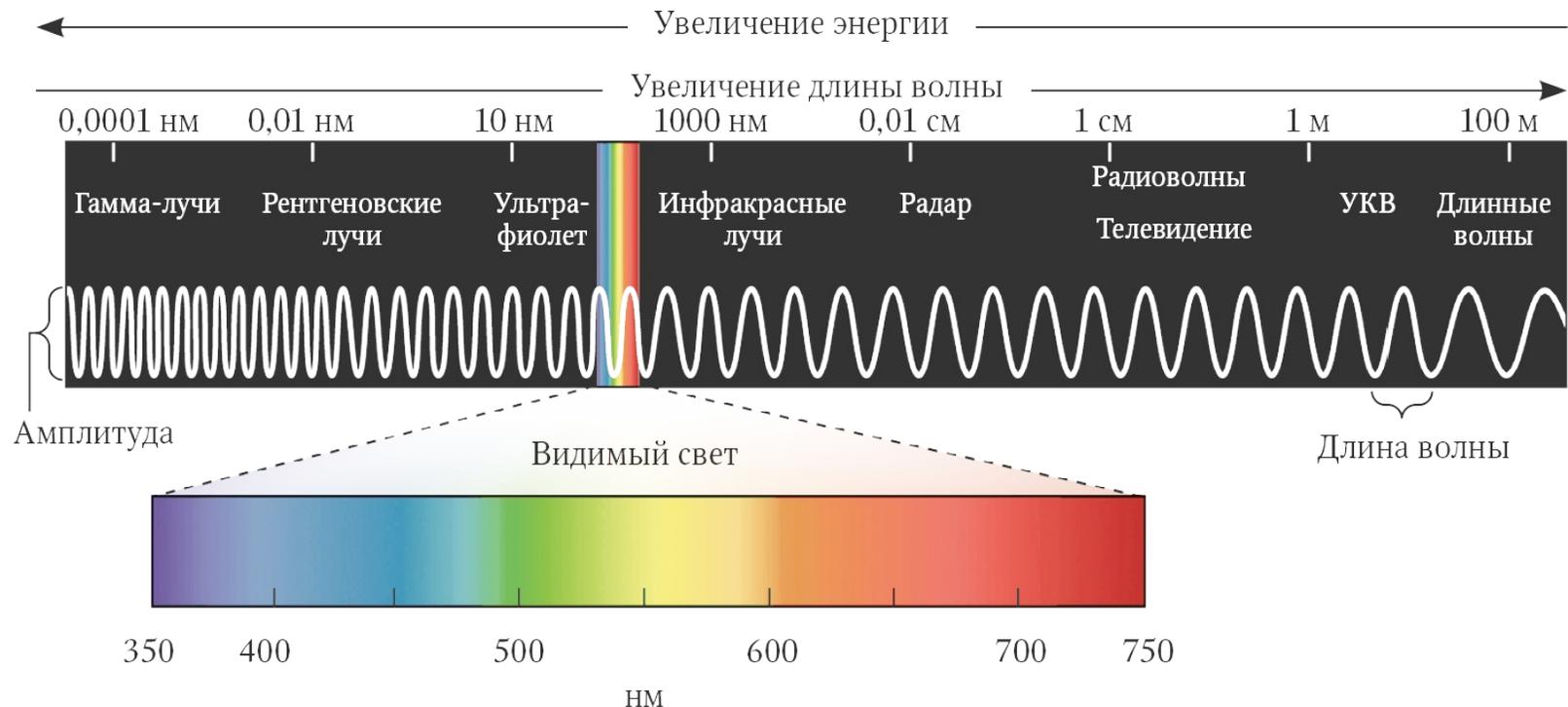
Запертые в тонком слое реальности

Мы считаем цвет одним из основных свойств окружающего нас реального мира. Однако вне нас цвета не существует.

Когда электромагнитные волны встречаются на своем пути какой-либо объект, часть их отражается от него и попадает нам в глаза. Мы способны различать миллионы комбинаций длин волн, однако эти комбинации превращаются в цвет только в нашей голове. Цвет – это интерпретация длин волн, существующая лишь в нашем мозгу.

Еще более странным выглядит тот факт, что длины волн, о которых идет речь, принадлежат к так называемому «видимому свету», то есть спектру длин волн от красного до фиолетового. Но видимый свет – это всего лишь крошечная часть всего электромагнитного спектра, менее одной десятитриллионной. Остальной спектр – в том числе радиоволны, микроволны, рентгеновские лучи, гамма-лучи, частоты сотовой связи, беспроводного доступа в интернет и т. д. – мы просто не замечаем, хотя непрерывно подвергаемся его воздействию. Все дело в том, что у нас нет специализированных биологических рецепторов, чтобы выделять эти сигналы из широкого спектра. Срез реальности, который мы способны видеть, ограничен нашей биологией.

Каждый вид живых существ воспринимает собственный срез реальности. В мире клеща, лишенном красок и звуков, из внешней среды поступают такие сигналы, как температура и запах. Летучие мыши используют эхолокацию воздушных потоков. Для гимнотобразных рыб внешний мир описывается пертурбациями электрических полей. Это срезы их экосистем, которые они в состоянии обнаружить. Никто не может почувствовать объективную реальность во всей ее полноте; каждое животное воспринимает лишь то, что научилось воспринимать в результате эволюции. Тем не менее все они должны считать этот срез реальности полной картиной объективного мира. Зачем нам представлять нечто, что мы не в состоянии воспринимать?



Люди воспринимают крошечную часть информации, переносимой электромагнитным спектром. Окрашенный в цвета радуги диапазон, обозначенный как «видимый свет», имеет ту же природу, что и остальной спектр, но это единственная его часть, для которой у нас есть биологические рецепторы.

Как же на самом деле «выглядит» мир за пределами нашей головы? В нем отсутствует не только цвет, но и звук: уплотнения и разрежения воздуха воспринимаются нашими ушами и преобразуются в электрические сигналы. Затем мозг преподносит нам эти сигналы как приятную мелодию, шипение, стук или звон. Реальность также лишена запаха, который существует только в нашем мозгу. Присутствующие в воздухе молекулы связываются с рецепторами у нас в носу, и мозг интерпретирует их как разные запахи. Реальный мир вовсе не заполнен яркими сенсорными событиями – это наш мозг окрашивает его своим чувственным восприятием.

Ваша реальность, моя реальность

Откуда мне знать, что моя реальность совпадает с вашей? Для большинства людей это определить невозможно, однако среди нас живут те (их очень немного), чье восприятие реальности явно отличается от восприятия остальных.

Возьмем, например, Ханну Босли. Когда она смотрит на буквы алфавита, у нее возникает ощущение цвета. Для Ханны очевидно, что «J» фиолетовая, а «T» красная. Буквы автоматически включают цветовое восприятие, причем ассоциации остаются неизменными. Собственная фамилия для Ханны похожа на закат – сначала желтый, который переходит в красный, затем приобретает цвет облака, после чего снова становится красным и желтым. Имя Йен вызывает у нее ассоциацию с рвотными массажами, хотя она ничего не имеет против людей с таким именем.

Ханна не поэт и не имеет склонности к метафорам – у нее особенность восприятия, которое называют синестезией. Это состояние, при котором ощущения (а иногда и понятия) смешиваются. Существует большое количество разновидностей синестезии. Некоторые люди чувствуют вкус слов. Некоторые ассоциируют звук с цветом. Другие слышат движения. Тот или иной вид синестезии наблюдается приблизительно у 3 % населения.

Ханна всего лишь одна из 6000 людей с синестезией, которых я изучал в своей лаборатории; на самом деле она два года работала у меня. Я изучал синестезию потому, что это одно из немногих состояний, когда восприятие другого человека явно отличается от моего. Становится очевидным тот факт, что люди по-разному воспринимают окружающий мир.

Синестезия является результатом перекрестных связей между сенсорными зонами мозга – эта картина напоминает соседние районы города с полупроницаемыми границами. Синестезия демонстрирует, что даже микроскопические изменения в структуре нервных связей могут привести к разным реальностям.

Встреча с каждым человеком, обладающим этой особенностью, напоминает мне о том, что у разных людей внутреннее восприятие реальности может несколько отличаться.

Вера в то, что нам говорит мозг

Всем известно, что такое сновидения, когда ночью в голову приходят странные мысли и мы уносимся далеко-далеко. Иногда эти путешествия неприятны, но их приходится терпеть. К счастью, проснувшись, мы обычно в состоянии отделить сон от реальности.

Теперь представьте, что эти два состояния сознания переплетены гораздо сильнее, и отличить одно от другого очень трудно или даже невозможно. Для приблизительно 1 % населения провести такую грань довольно сложно, и их реальность может быть невероятной и даже ужасающей.

Элин Сакс, профессор права из Южнокалифорнийского университета, – умный и добрый человек, но с шестнадцатилетнего возраста она подвержена припадкам шизофрении. Эта болезнь, вызванная нарушением мозговых функций, заставляет ее слышать голоса или видеть то, чего не видят остальные, а также верить, что другие люди читают ее мысли. К счастью, благодаря лекарствам и еженедельным сеансам психотерапии Элин могла более двадцати пяти лет читать лекции на юридическом факультете и вести занятия со студентами.

Я беседовал с ней, когда посещал Южнокалифорнийский университет, и она рассказала мне о своих приступах. «Мне казалось, что дома говорят мне: «Ты особенная. Ты очень плохая. Гадина. Остановись. Иди». Я не слышала этих слов – они звучали в моей голове, как вложенные мысли. Но я знала, что это мысли домов, а не мои». Однажды ей казалось, что у нее должен взорваться мозг и от этого пострадают окружающие, а не только она сама. Во время другого приступа она была убеждена, что мозг вытечет у нее через уши, так что люди вокруг нее утонут.

Теперь, избавившись от своего бреда, Элин смеется и пожимает плечами, удивляясь, что бы это могло значить.

Причиной шизофрении был химический дисбаланс в мозгу Элин, который немного изменил пути прохождения сигналов. Небольшое изменение, и человек оказывается заперт внутри реальности, где происходят странные и невероятные вещи. Когда у Элин начинался приступ шизофрении, она не воспринимала его как нечто необычное. Почему? Дело в том, что она верила истории, рассказанной ей изменившейся химией мозга.

Однажды я читал старую медицинскую статью, в которой шизофрения описывалась как вторжение сна в состояние бодрствования. Больше я такого определения не встречал, но мне кажется, что догадка верна: именно это и происходит во время приступа шизофрении. Когда вы в следующий раз увидите на улице человека, который разговаривает сам с собой и странно себя ведет, напомните себе, что вы были бы таким же, если бы не могли отличать реальность от сна.

Опыт Элин – это путь к пониманию нашей реальности. Когда мы видим сон, он кажется нам реальным. Составляя неверное представление о чем-то случайно увиденном, трудно отделаться от ощущения, что это представление совпадает с реальностью. Когда мы рассказываем о ложном воспоминании, нам трудно признать, что такого никогда не было. Накопление подобных ложных реальностей влияет на наши убеждения и действия, хотя мы об этом даже не подозреваем.

Независимо от того, погружалась ли Элин в пучину бреда или ее представление о реальности совпадало с представлениями большинства людей, она верила, что ее восприятие отражает реальность. Для нее, как и для всех нас, реальность – это пьеса, которая разыгрывается в запертом зале черепа.

Искажение времени

Есть еще одна грань реальности, о которой мы редко задумываемся: восприятие времени мозгом может быть чрезвычайно странным. В определенных ситуациях нам кажется, что реальность движется либо быстрее, либо медленнее.

Когда мне было восемь лет, я свалился с крыши дома, и мне тогда казалось, что падал я долго. В старших классах школы, познакомившись с физикой, я подсчитал, что падение длилось 0,8 секунды, и мне захотелось разобраться, почему время для меня так растянулось и что это говорит о нашем восприятии реальности.

Джеб Корлисс, профессиональный парашютист, использующий костюм-крыло, однажды высоко в горах пережил искажение времени. Все началось с обычного прыжка, который он уже исполнял прежде. Но в этот день он поставил перед собой цель сбить телом несколько воздушных шаров. Джеб вспоминает: «Приближаясь к одному из шаров, привязанному к гранитному выступу, я промахнулся». Парашютист ударился о гранитную скалу на скорости около 200 км/ч.

Джеб – профессионал, и поэтому все, что происходило в тот день, снимали несколько камер, установленных на скалах и закрепленных на его теле. На видео слышен звук удара о гранитную скалу. Джеб пролетает мимо камер и проносится над краем выступа, который он только что задел.



Небольшой просчет во время прыжка в костюме-крыле заставил Джебба испугаться за свою жизнь. Его внутреннее восприятие события отличалось от того, что запечатлели видеокамеры.

В этот момент у Джебба исказилось восприятие времени. Вот как он описывает свои ощущения: «В моем мозгу одновременно протекали два мыслительных процесса. Один производил чисто технические расчеты. У тебя есть выбор одного из двух вариантов. Либо не дергать вытяжной трос парашюта, и тогда ты ударишься о скалы и умрешь. Либо дернуть трос и раскрыть парашют – тогда ты истечешь кровью, пока будешь ждать помощи».

Джебу казалось, что процесс выбора занял несколько минут. «Мозг работает с такой скоростью, что все остальное словно замедляется и растягивается. Время замедляется, и возникает ощущение замедленного движения».

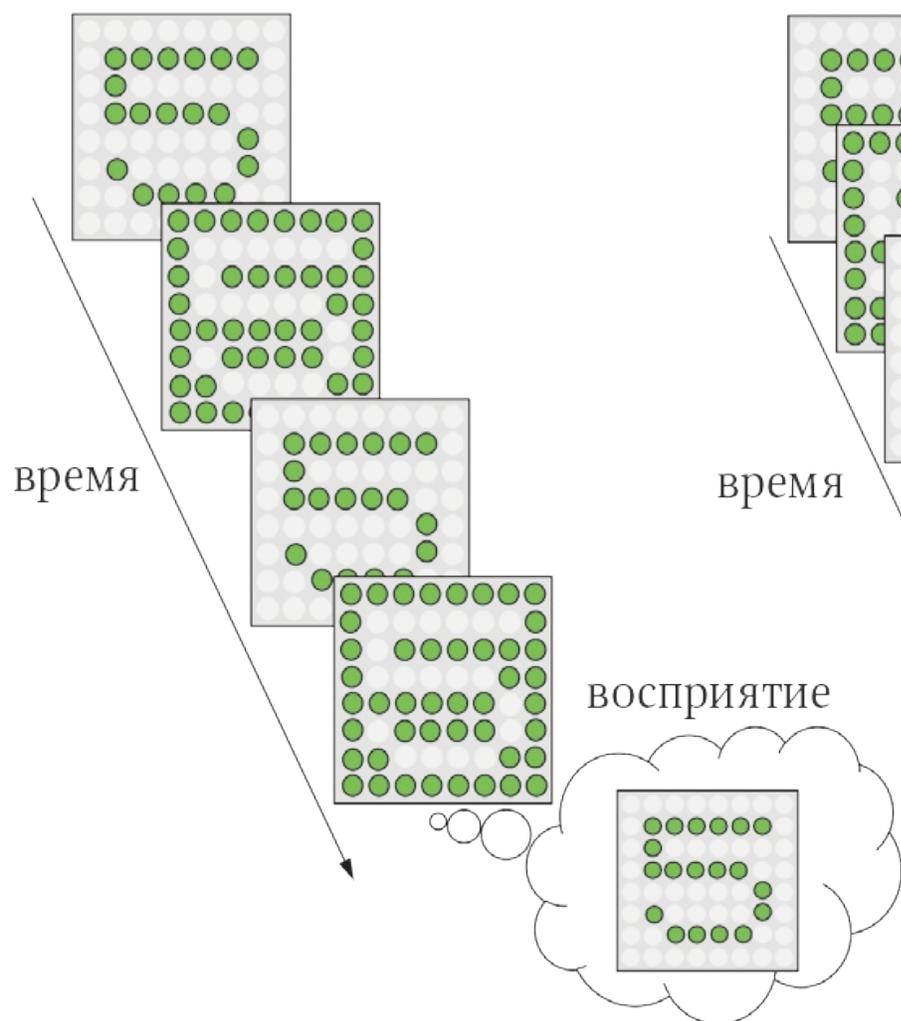
Он потянул за вытяжной трос и плавно опустился на землю, сломав голень, обе лодыжки и три пальца на ногах. Между ударом о скалу и моментом, когда Джеб потянул за вытяжной трос, прошло шесть секунд. Однако, как и в моем случае падения с крыши, этот промежуток времени показался ему гораздо длиннее.

О субъективном замедлении времени рассказывали многие люди, оказавшиеся в опасных для жизни ситуациях – например, при автомобильных авариях – или ставшие свидетелями опасности, которой подвергался близкий человек, например, когда ребенок падал в озеро. Для всех этих рассказов характерно ощущение, что события разворачиваются медленнее

обычного и изобилуют яркими деталями.

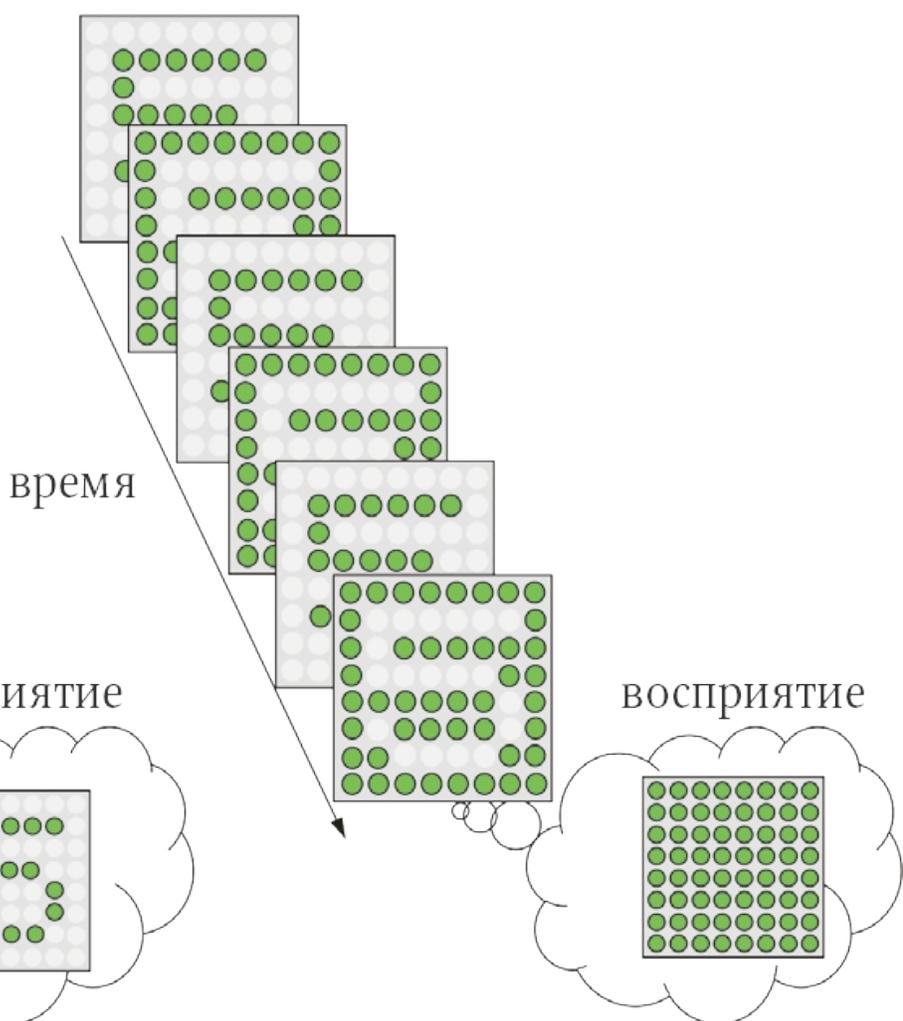
Низкая скорость смены цифр

→ Легко увидеть цифру



Высокая скорость смены цифр

→ Невозможно увидеть цифру



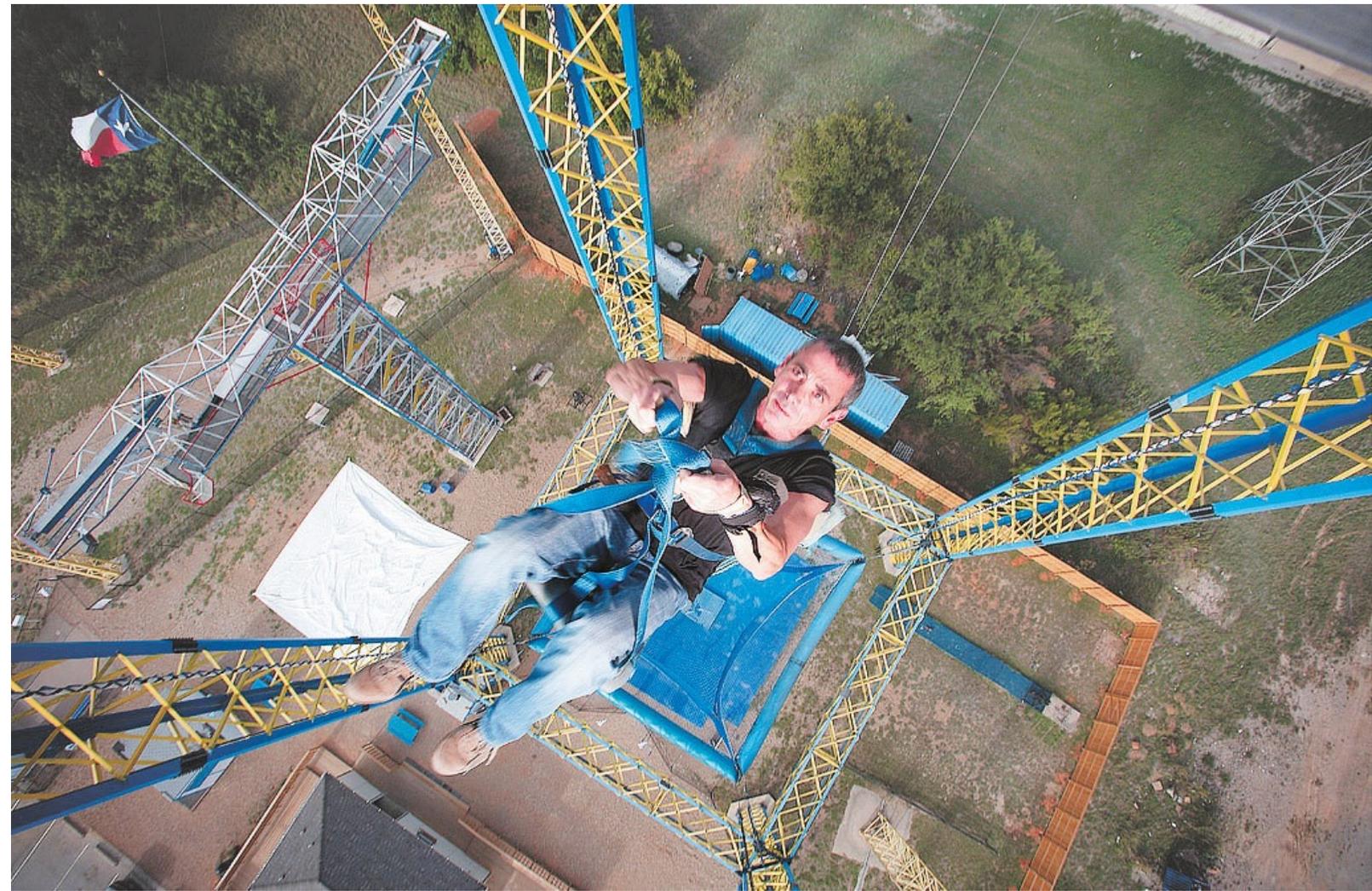
Когда цифры на перцепционном хронометре меняются медленно, их можно прочесть. При небольшом увеличении скорости прочесть их невозможно.

Что произошло в моем мозгу, когда я упал с крыши, или в мозгу Джеба, когда он ударился о выступ скалы? Неужели при испуге время действительно замедляется?

Несколько лет назад мы с моими студентами разработали эксперимент, который должен был дать ответ на этот вопрос. Мы вызывали у людей сильный страх, заставляя их пролететь в воздухе 50 метров спиной вперед.

В этом эксперименте к запястью падающего человека прикрепляли цифровой дисплей – мы назвали изобретенный нами прибор перцепционным хронометром. Испытуемые затем сообщали, какие бегущие цифры они могли прочесть на дисплее на своем запястье. Если бы время для них действительно замедлялось, они могли бы прочесть цифры. Но никто не смог этого сделать.

Почему же и Джеб и я вспоминали, что все происходило словно в замедленном темпе? По всей вероятности, причина кроется в механизме памяти.



Измерение скорости зрения: перцепционный хронометр

Чтобы исследовать восприятие времени в ситуациях, вызывающих страх, мы бросали добровольцев с высоты 50 метров. Я сам падал трижды, и каждый раз мне было страшно. Цифры на дисплее зажигались с помощью светодиодов. Каждый раз включенные светодиоды выключались, а выключенные включались. При медленной скорости смены цифр участники эксперимента читали их без труда, но стоило немного увеличить скорость, как позитивные и негативные изображения сливались, и прочесть цифры становилось невозможно. Чтобы выяснить, действительно ли испытуемые способны видеть замедленное движение, мы устанавливали для них скорость смены цифр во время падения чуть выше, чем та, при которой они различали цифры в нормальных условиях. Если во время полета они действительно воспринимают все в замедленном темпе, как Нео в «Матрице», то без труда прочтут цифры. Если нет, то скорость смены цифр, которую они способны воспринимать, будет такой же, как на земле. Что же в результате

выяснилось? Мы провели эксперимент с 23 добровольцами, включая меня самого. В полете никто не показал лучших результатов, чем на земле. К сожалению, мы не похожи на Нео.

В опасных ситуациях резко активизируется область мозга под названием «миндалины», которая управляет ресурсами остальных областей и заставляет сосредоточить все ресурсы на текущей ситуации. При включении миндалины в процесс памяти информация запоминается гораздо подробнее, чем обычно; активируется система вторичной памяти. Как бы то ни было, именно для этого память и предназначена: следить за важными событиями, чтобы при повторном попадании в такую ситуацию у мозга было больше информации для попытки выживания. Другими словами, сильный испуг и угроза жизни – это самое подходящее время делать заметки.

В подобных ситуациях наблюдается интересный побочный эффект: ваш мозг не привык такой плотности памяти (капот сминается, зеркало заднего вида отваливается, водитель другой машины похож на моего соседа Боба), и поэтому, когда событие воспроизводится в памяти, вам кажется, что оно занимало больше времени. Другими словами, при испуге мы вовсе не воспринимаем все в замедленном темпе; это ощущение возникает при воспроизведении в памяти. Когда мы спрашиваем себя: «Что произошло?» – запомнившиеся подробности ошибочно указывают на замедленный темп. Искажение времени происходит в ретроспективе; это просто трюк, который проделывает память, записывающая реальные события.

Если вы попадали в опасную для жизни ситуацию, то, наверное, будете настаивать, что в тот момент действительно воспринимали все в замедленном темпе. Однако это еще один обман осознанной реальности. Говоря о синхронизации чувств, мы уже убедились, что наше восприятие отстает от текущих событий. Некоторые философы предполагают, что сознательное понимание – это просто множество быстро сменяющихся друг друга вопросов. Наш мозг все время спрашивает: «Что произошло? Что произошло?» Таким образом, сознательное восприятие – это всего лишь непосредственная память.

И еще одно замечание. Уже после публикации результатов нашего исследования некоторые люди продолжали настаивать, что событие разворачивалось у них перед глазами наподобие фильма, прокрученного на замедленной скорости. Обычно я спрашиваю их, действительно ли сидевшие рядом с ними люди выкрикивали, как при замедленном воспроизведении, протяжное и низкое «Нееет!». Они были вынуждены признать, что такого не помнят. Это еще один аргумент в пользу того, что на самом деле наше перцепционное время не растягивается – независимо от внутренней реальности человека.

Рассказчик

Мозг предлагает нам рассказ, и каждый из нас верит этому рассказу. Попадаемся ли мы на удочку зрительной иллюзии, принимаем ли за реальность сновидение, ассоциируем буквы с цветом или считаем реальным бред во время припадка шизофрении – во всех случаях мы принимаем за реальность то, что преподносит вам мозг.

Несмотря на ощущение, что мы непосредственно воспринимаем окружающий мир, наша реальность в конечном итоге создается в темноте, на непонятном языке электрохимических сигналов. Активность в обширных нейронных сетях превращается в вашу собственную историю, в личный опыт восприятия мира: ощущение, что вы держите в руках эту книгу, свет в комнате, запах роз, звук голосов других людей.

Еще более странным выглядит тот факт, что каждый мозг составляет свой рассказ, немного отличающийся от других. В любой ситуации со множеством очевидцев мозг каждого человека характеризуется собственным, субъективным восприятием. Для всех семи миллиардов человеческих мозгов (а также триллионов мозгов животных) не может быть единой версии реальности. У каждого мозга своя правда.

Что же такое реальность? Она похожа на телевизионное шоу, которое смотрите только вы и которое невозможно выключить. К счастью, это самое интересное шоу, о котором можно только мечтать, – отредактированное, персонализированное и разыгрываемое лично для вас.

3. Кто главный?

Выяснилось, что космос гораздо больше, чем мы представляли, глядя в ночное небо. Точно так же вселенная в нашей голове простирается далеко за границы нашего сознательного восприятия. Сегодня мы начинаем понимать громадность этого внутреннего космоса. На первый взгляд мы без труда узнаем лицо друга, управляем автомобилем, понимаем шутку или решаем, что достать из холодильника, – но в действительности все это возможно только благодаря сложным расчетам, которые недоступны сознательному пониманию. В данную секунду, как и в любую секунду вашей жизни, нейронные сети мозга активно работают: от клетки к клетке передаются миллиарды электрических сигналов, которые активизируют химические импульсы триллионов связей между нейронами. За простыми действиями кроется огромная работа нейронов. Вы пребываете в блаженном неведении обо всей этой деятельности, но ваша жизнь определяется и расцветивается именно этими скрытыми процессами: они определяют ваши поступки и предпочтения, ваши реакции, ваши пристрастия и желания, ваши представления об истинном и ложном. Восприятие – конечный результат работы этих невидимых нейронных сетей. Кто же на самом деле стоит у руля?

Сознание

Утро. Улицы вашего квартала пусты, солнце только поднимается над горизонтом. В спальнях всего города раз за разом происходит удивительное событие: к жизни пробуждается сознание человека. Самый сложный объект на нашей планете начинает осознавать свое существование.

Совсем недавно вы тоже крепко спали. Биологическое вещество вашего мозга было точно таким же, как теперь, но характер активности немного изменился таким образом, что в данный момент вы наслаждаетесь восприятием окружающего мира. Вы читаете закорючки на бумаге и извлекаете из них смысл. Возможно, вы чувствуете лучи солнца на коже или ветер, перебирающий ваши волосы. Вы можете думать о положении своего языка во рту или чувствовать левый ботинок на ноге. В состоянии бодрствования вы осознаете свою личность, свою жизнь, потребности, желания, планы. Теперь, когда начался новый день, вы готовы обдумать свои взаимоотношения с людьми и свои цели, чтобы соответствующим образом направлять свои действия.

Но до какой степени ваше сознание управляет вашими каждодневными действиями?

Подумайте, как вы читаете эти предложения. Перемещая взгляд по странице, вы, скорее всего, не подозреваете о быстрых скачкообразных движениях своих глаз. Взгляд перемещается не плавно, а прыгает из одной точки в другую. В момент прыжка движение глаз слишком быстрое, чтобы вы могли читать. Текст воспринимается, только когда глаза застывают в определенном положении, и длится эта пауза приблизительно двадцать миллисекунд. Вы не замечаете этих прыжков и остановок, поскольку ваш мозг проделывает огромную работу по стабилизации восприятия окружающего мира.

Процесс чтения становится еще более странным, если вспомнить о том, что при чтении этих слов их смысл из последовательности символов поступает прямо в мозг. Чтобы представить сложность всего процесса, попробуйте прочесть ту же информацию на другом языке:

আপনার মস্তষ্কিরে মধ্যমে সরাসরি চিহ্ন এই ক্রম থেকে প্রবাহ অর্থ

эта азначае , патокі з сімвалаў непасрэдна ў ваш мозг

당신의 두뇌 에 직접 심볼 의 흐름을 의미

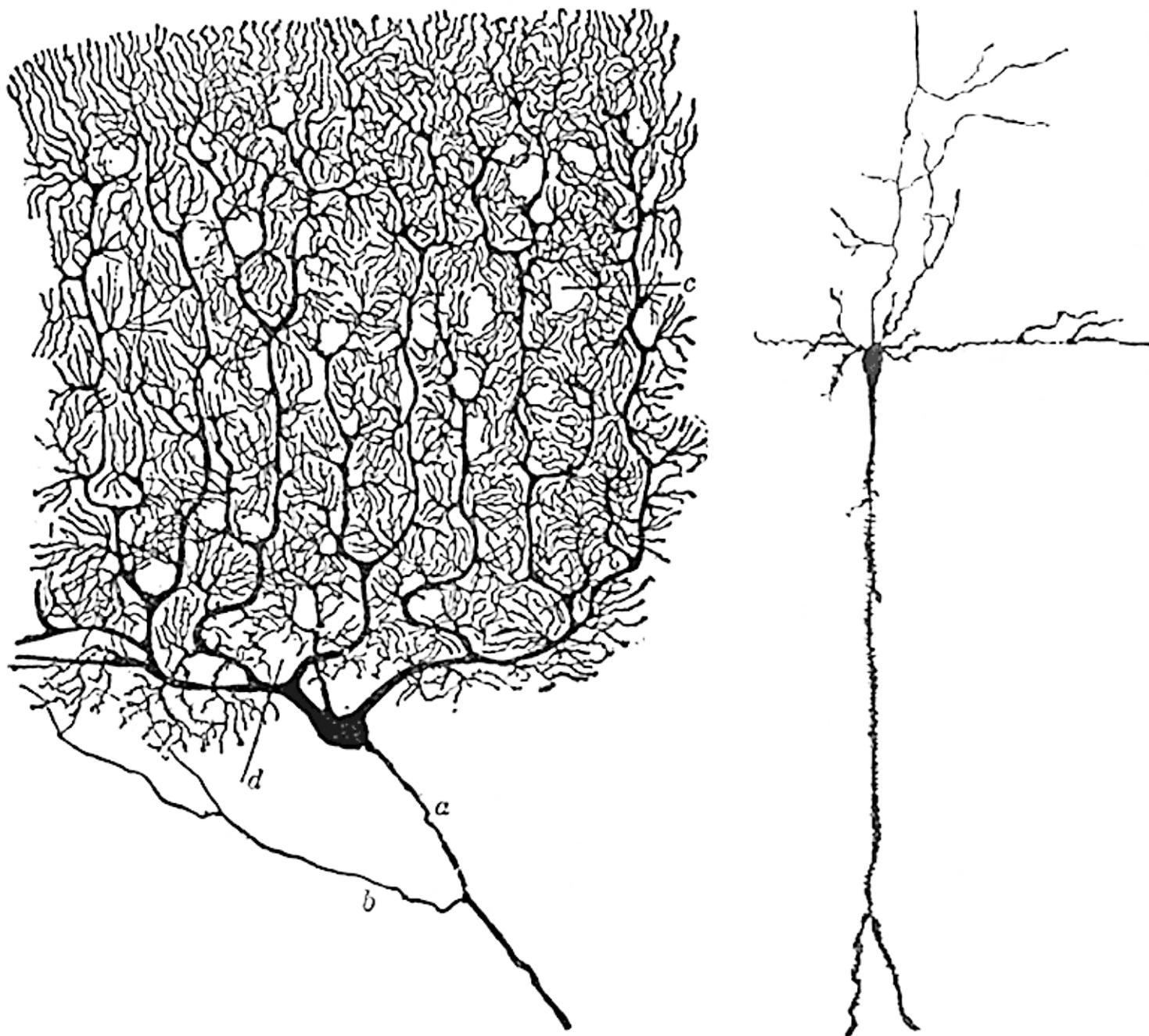
Если вы не знаете бенгали, белорусского или корейского, эти буквы покажутся вам просто причудливыми закорючками. Но если вы умеете читать тот или иной шрифт (например, этот), чтение как будто дается без усилий: вы уже не осознаете, что выполняете огромную работу по дешифрации символов. Мозг делает это незаметно для вас.

Кто же главный? Вы – капитан своего корабля или ваши решения определяются нейронным механизмом, работа которого от вас скрыта? Связано ли качество вашей повседневной жизни с правильными решениями, которые вы принимаете, или с густыми джунглями нейронов и непрерывной передачей неисчислимых химических сигналов?

В этой главе мы убедимся, что сознание – всего лишь небольшая часть активности мозга. Действия, убеждения и предрассудки – все они продукт нейронных сетей вашего мозга, к которым вы лишены сознательного доступа.

Бессознательный мозг в действии

Представьте, что мы с вами сидим в кофейне. Во время разговора вы замечаете, что я поднимаю чашку кофе, чтобы сделать глоток. Это действие настолько тривиально, что обычно не привлекает внимания, если только я не пролью кофе на рубашку. Тем не менее следует отдать мне должное: поднести чашку ко рту не так-то просто. Роботам до сих пор не удается такое плавное и точное движение. Почему? Потому что за этим простым действием скрыты триллионы электрических импульсов, тщательно координируемых мозгом.



ДЖУНГЛИ МОЗГА

В 1887 г. испанский ученый Сантьяго Рамон-и-Кахаль использовал свой опыт в искусстве фотографии для химического окрашивания мозговой ткани. Этот метод позволил увидеть отдельные клетки мозга со всеми их разветвлениями. Стало ясно, что мозг – необыкновенно сложная система, не имеющая аналогов, а также языка для ее описания.

С массовым распространением микроскопов и появлением новых методов окрашивания клеток ученые начали описывать – по крайней мере, в общих терминах – нейроны, из которых состоит наш мозг. Эти удивительные структуры самых разных форм и размеров сплетены в непроходимые джунгли, которые ученым предстоит распутывать еще не одно десятилетие.

Сначала зрительная система сканирует место действия, чтобы обнаружить стоящую передо мной чашку, и мой многолетний опыт вызывает воспоминание о кофе в других ситуациях. Моя фронтальная кора посылает сигналы моторной коре, которая управляет сокращениями мышц туловища, плеча, предплечья и ладони таким образом, что я могу взять чашку. Как только я дотрагиваюсь до чашки, мои нервные клетки начинают передавать информацию о весе чашки, ее положении в пространстве, температуре, фактуре ручки и т. д. Эта информация через спинной мозг поступает в головной мозг, компенсируя данные, которые идут в обратном направлении, наподобие быстро движущегося потока транспорта на дороге с двусторонним движением. Эти данные являются результатом сложного взаимодействия между такими отделами мозга, как базальные ядра, мозжечок, соматосенсорная кора и многие другие. За долю секунды вносятся коррективы в скорость, с которой я поднимаю чашку, и в силу сжатия пальцев. Посредством интенсивных вычислений и обратной связи я заставляю мышцы не наклонять чашку, пока я плавно поднимаю ее вверх по дуге. В процессе я постоянно корректирую свои движения, и, когда чашка оказывается у губ, я наклоняю ее, чтобы отхлебнуть часть жидкости и при этом не обжечься.



Описание расчетов, которые производит мозг, чтобы я мог поднести чашку ко рту, займет несколько томов. Но все это остается невидимым для сознания: я осознаю только, попал кофе в рот или нет.

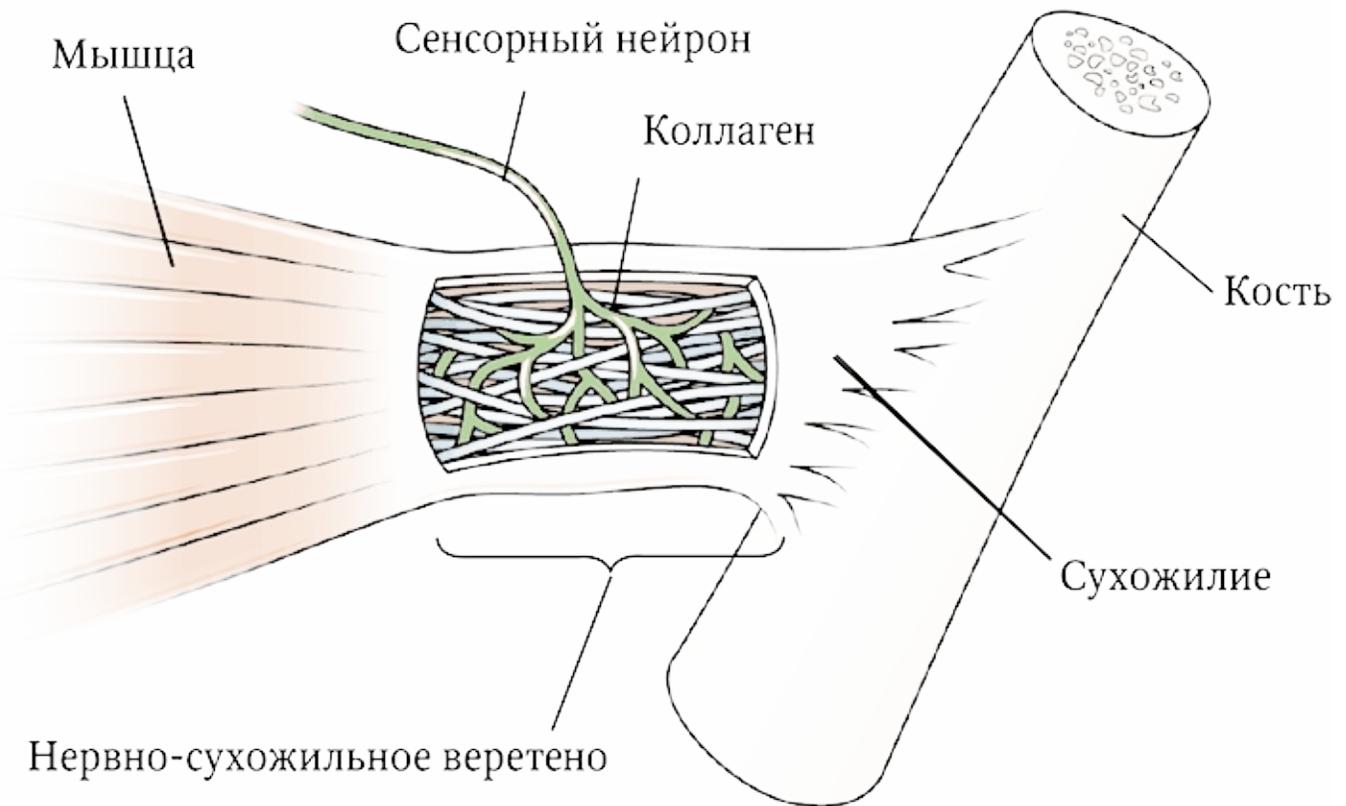
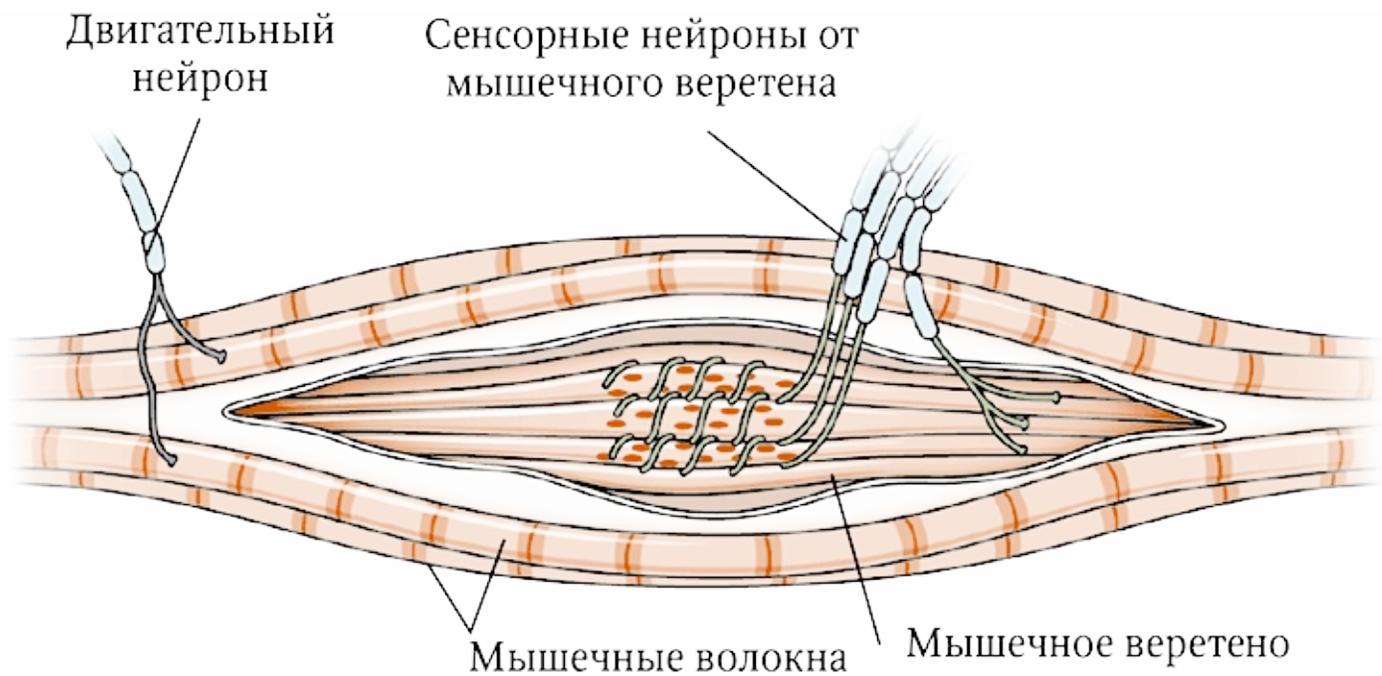
Чтобы произвести расчеты, необходимые для выполнения этой задачи, потребуются десятки самых быстрых в мире суперкомпьютеров. А я совсем не чувствую бури электрических импульсов, которая бушует в моей голове. Хотя нейронная сеть активно работает, сознание пребывает совсем в другом состоянии, похожем на полное неведение. Мое сознание занято беседой. До такой степени, что, поднимая чашку, я даже могу регулировать поток воздуха, проходящий через мой рот, чтобы поддерживать непростой разговор.

Единственное, что я осознаю, – попал кофе ко мне в рот или нет. Если мои движения безошибочны, я их даже не замечу.

Бессознательный механизм нашего мозга работает все время, но так слаженно, что мы обычно не замечаем его действий. В результате нередко получается, что обратить на него

внимание легче всего тогда, когда он перестает работать. Что было бы, если бы пришлось обдумывать каждое простое действие, которое кажется нам естественным, например такую якобы простую вещь, как ходьба? Чтобы это выяснить, я побеседовал с человеком по имени Иэн Уотермен.

В девятнадцать лет после тяжелой формы желудочного гриппа у Иэна развилось осложнение – редкое поражение нервной системы. У него были повреждены сенсорные нервы, которые передают мозгу осязательные ощущения, а также информацию о положении конечностей (так называемая проприоцепция). В результате Иэн больше не мог двигаться автоматически. Врачи сказали ему, что он до конца жизни останется прикованным к инвалидной коляске, хотя его мышцы были в полном порядке. Человек просто не может передвигаться, не зная положения своего тела. Мы редко об этом задумываемся, но именно обратная связь между окружающим миром и нашими мышцами делает возможными сложные движения, которые мы постоянно совершаем.

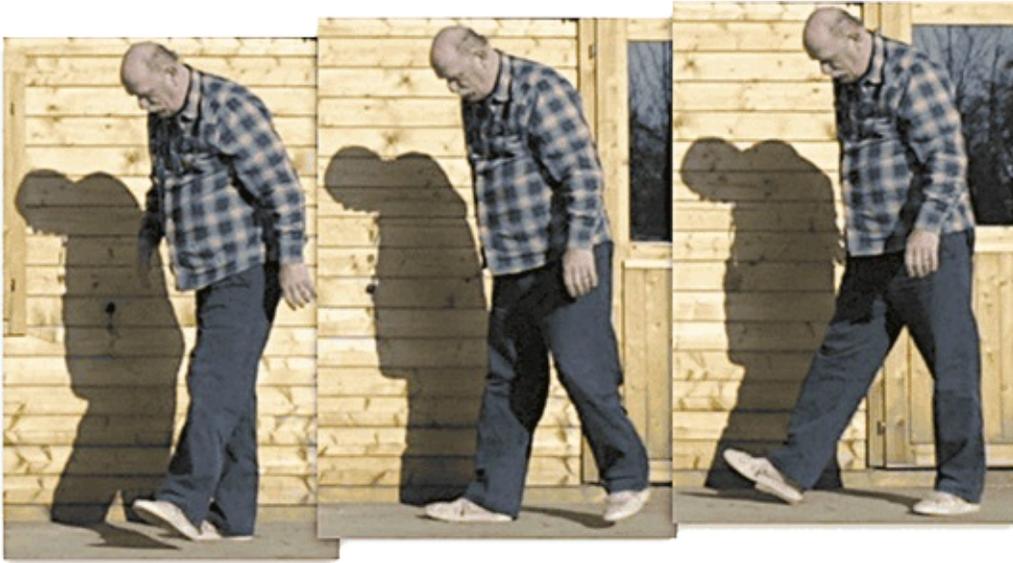


Проприоцепция

Даже с закрытыми глазами вы знаете положение своих рук и ног. Левая рука поднята или опущена? Ноги согнуты или выпрямлены? Плечи развернуты или сгорблены? Эта способность знать состояние своих мышц называется проприоцепцией. Рецепторы в мышцах, сухожилиях и суставах поставляют информацию об угле поворота сустава, о

напряжении мышцы и ее длине. Все это вместе дает мозгу точную картину положения тела и обеспечивает быструю корректировку.

Временное отключение проприоцепции вы испытывали, например, когда пытались ходить с «онемевшей» ногой. Давление на пережатые сенсорные нервы препятствовало приему и передаче сигналов. Не чувствуя положения рук и ног, почти невозможно совершать простейшие действия – нарезать еду, набирать текст на клавиатуре или ходить.



Из-за редкого заболевания Иэн Уотермен лишился сенсорной информации от своего тела. Его мозг больше не имеет доступа к осязанию и проприоцепции. В результате каждый шаг требует от него сознательного планирования и постоянного зрительного мониторинга положения рук и ног.

Иэн не желает жить в неподвижности. Поэтому он встает и идет, однако ему приходится сознательно отслеживать каждое движение своего тела. Не чувствуя, где находятся его руки и ноги, Иэн вынужден всецело сосредотачиваться на том, что делает. Зрение позволяет ему следить за положением рук и ног. При ходьбе он наклоняет голову и смотрит на ноги. Чтобы сохранить равновесие, ему приходится все время проверять, что руки отведены назад. Иэн не чувствует, когда его ноги касаются поверхности, и поэтому при каждом шаге должен оценивать точное расстояние до земли и напрягать ногу. Каждый его шаг сознательно вычисляется и координируется.

Утратив способность ходить автоматически, Иэн на себе прочувствовал, что такое удивительная координация, которую все мы считаем естественной, когда отправляемся на прогулку. Окружающие его люди двигаются так легко и непринужденно, отмечает он, что совсем не замечают сложнейшую систему, которая управляет этим процессом.

Если Иэн отвлечется или задумается о чем-то постороннем, то может упасть. Ему нужно отбросить все, не связанное с ходьбой, и сосредоточиться на мельчайших деталях: наклоне поверхности, движении ноги.

Проведя с Иэном пару минут, вы поняли бы необыкновенную сложность простейших действий, обсуждать которые нам не приходит в голову: как мы встаем, пересекаем комнату, открываем дверь, пожимаем руку. Несмотря на кажущуюся простоту, они чрезвычайно

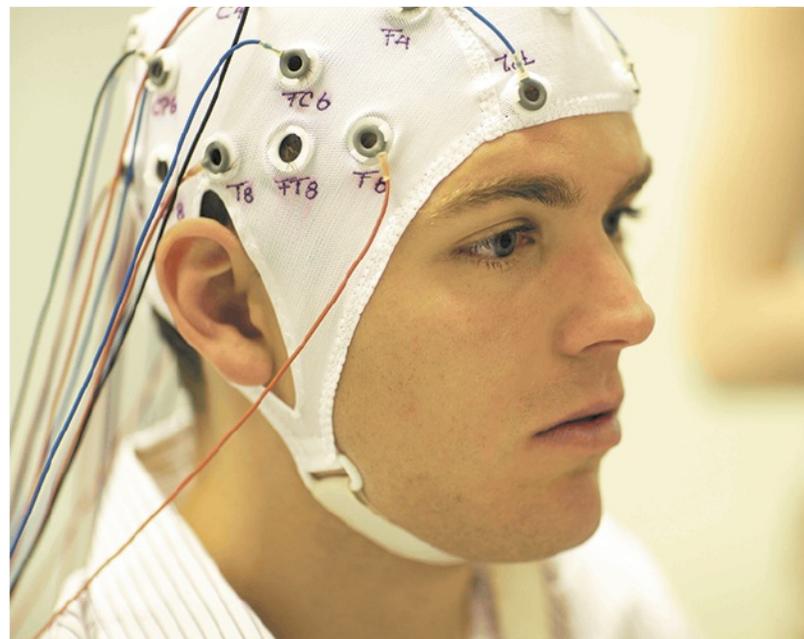
сложны. Поэтому, когда вы в следующий раз увидите человека, который идет, бежит трусцой, едет на скейте или велосипеде, попробуйте восхититься не только красотой человеческого тела, но и мощностью мозга, который незаметно для хозяина тела безупречно управляет его движением. В основе самых разных аспектов наших элементарных действий лежат триллионы вычислений, которые выполняются в пространственном масштабе, недоступном нашему зрению, и сложность которых мы не в состоянии осознать. Еще не созданы роботы, возможности которых хотя бы приближались к тому, что умеет человек. И если суперкомпьютер потребляет огромное количество энергии, то мозг выполняет свою работу с удивительной эффективностью – энергии ему нужно не больше, чем 60-ваттной лампе.

Встраивание навыков в структуру мозга

Нейробиологи нередко проникают в тайны мозга, изучая людей, которые добились выдающихся результатов в той или иной области. С этой целью я поехал на встречу с Остином Набером, десятилетним мальчиком, обладавшим уникальными способностями: ему принадлежал мировой рекорд среди детей по капстекингу (скоростной сборке и разборке пирамид из специальных пластиковых стаканчиков).

Быстрыми, точными движениями, за которыми глаз не успевает следить, Остин превращает стопку вложенных друг в друга стаканчиков в симметричную фигуру из трех отдельных пирамид. Затем, действуя обеими руками, он перестраивает эти пирамиды в две маленькие стопки, после чего сооружает из них одну высокую пирамиду, которая снова преобразуется в первоначальную стопку стаканчиков.

Он проделывает это за пять секунд. Моя лучшая попытка заняла сорок три секунды.



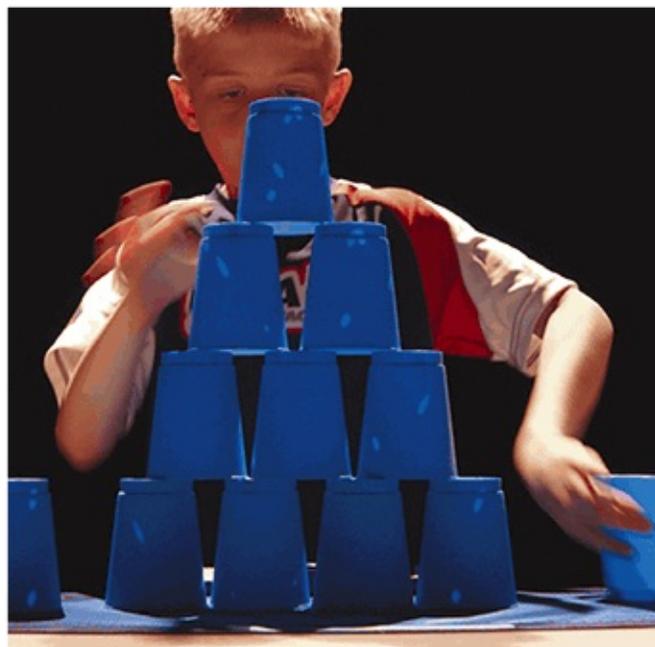
ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА

ЭЭГ, или электроэнцефалограмма, позволяет оценить общую электрическую активность, отражающую активность нейронов. Маленькие электроды, помещенные на кожу головы, регистрируют электроэнцефалограмму – так называются усредненные электрические сигналы, которые создаются в результате обмена информацией между нейронами.

Первую электроэнцефалограмму записал немецкий физиолог и психиатр Ганс Бергер в 1924 г., а 1930-х и 1940-х гг. исследователи выделили несколько разных типов ритмов: дельта-ритм (менее 4 Гц), который наблюдается во время сна, тета-ритм (4–7 Гц), ассоциирующийся со сном, с глубокой релаксацией и визуализацией, а также альфа-ритм (8–13 Гц), регистрируемый в спокойном и расслабленном состоянии, и бета-ритм (13–38

Гц), наблюдающийся при активном размышлении и решении задач. С тех пор было идентифицировано еще несколько важных ритмов, в том числе гамма-ритм (39–100 Гц), который указывает на напряженную умственную деятельность, такую как логические рассуждения и планирование.

Активность мозга – это смесь всех этих ритмов, однако в зависимости от нашего состояния и действий одни из них проявляются сильнее, чем другие.



Десятилетний Остин Набер – чемпион мира по капстекингу среди детей. Он выполняет особую последовательность движений, за несколько секунд составляя и разбирая пирамиды из стаканчиков.

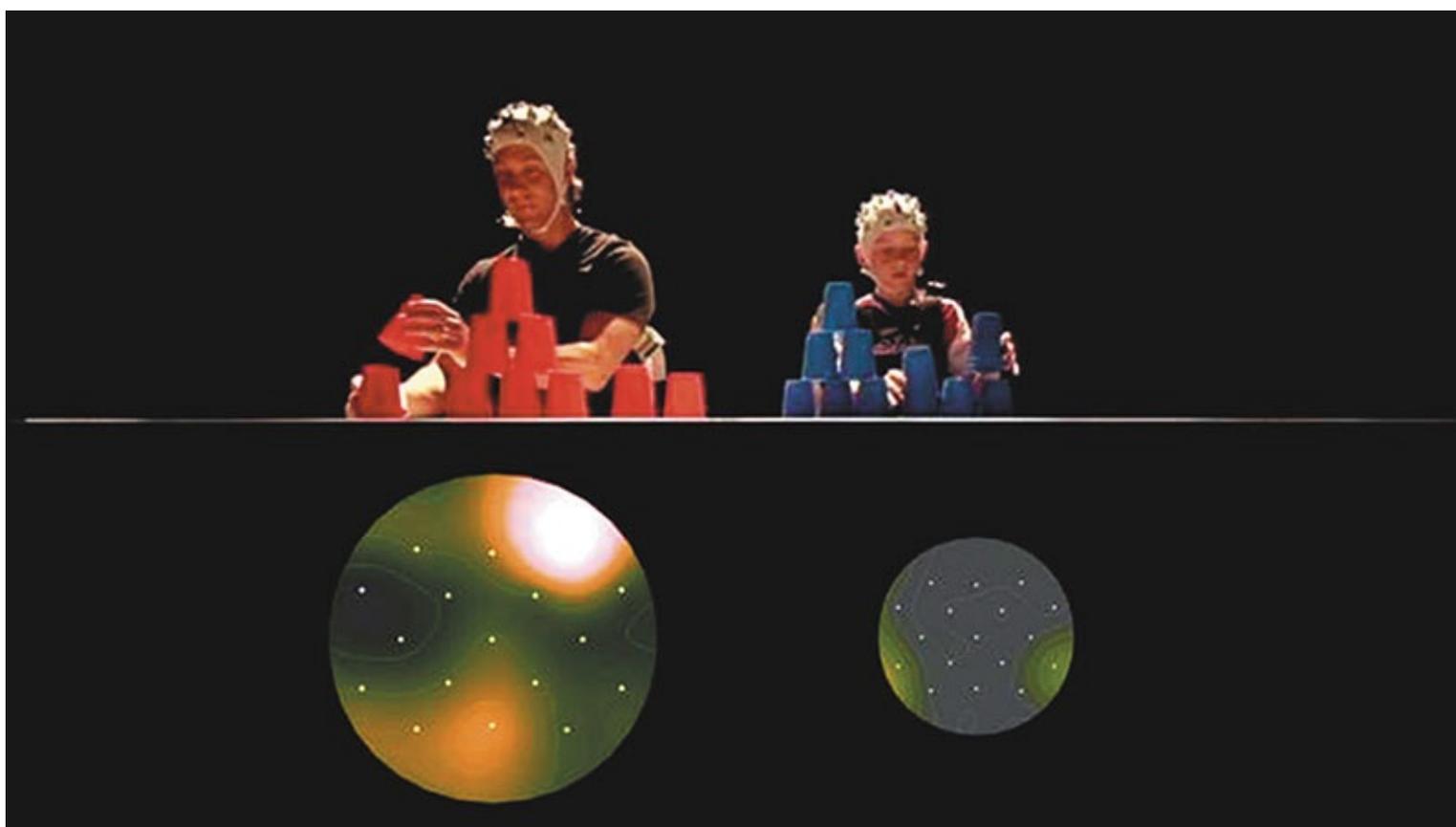
Наблюдая за действиями Остина, вы можете подумать, что его мозг перенапрягается, сжигая огромное количество энергии, чтобы с такой скоростью координировать такие точные действия. Решив это проверить, я измерил активность его мозга – и моего тоже – во время очного состязания по капстекингу. Под надзором доктора Хосе Луиса Контерос-Видаля на

наши с Остином головы надели шапочки с электродами, предназначенные для измерения электрической активности массы нейронов внутри черепной коробки. Электроэнцефалограммы (ЭЭГ) позволяли сравнить усилия, которые прилагает мозг каждого из нас для выполнения задачи. Таким образом мы получили общее представление о том, что происходит у нас в головах.

Сначала Остин показал мне, как он это делает. Чтобы не потерпеть разгромное поражение от десятилетнего мальчика, я двадцать минут тренировался, после чего начался официальный поединок.

Мои усилия ни к чему не привели. Остин выиграл. Я едва преодолел восьмую часть пути, когда он победоносно завершил последнюю фигуру из стаканчиков.

Поражение было ожидаемым, но что показала ЭЭГ? Если Остин справляется с задачей в восемь раз быстрее меня, то логично предположить, что он тратит на это гораздо больше энергии, чем я. Но такое предположение не учитывает основное правило, которым руководствуется мозг, приобретая новые навыки. Как показала ЭЭГ, именно мой мозг, а не Остина, работал на повышенных оборотах, тратя огромное количество энергии на выполнение этой сложной, новой для меня задачи. Моя электроэнцефалограмма показала высокую амплитуду бета-ритма, который ассоциируется с логическим мышлением. У Остина, наоборот, наблюдалась высокая амплитуда альфа-ритма, хотя это состояние характерно для отдыхающего мозга. Несмотря на скорость и сложность действий Остина, его мозг оставался спокоен.



Сознательное мышление сжигает энергию. На нижнем снимке показаны карты активности ЭЭГ в моем мозгу (слева) и мозгу Остина (справа). Цвет указывает на амплитуду активности.

Талант Остина и скорость его действий являются конечным результатом физических изменений в его мозгу. За годы тренировок там сформировался особый рисунок физических связей. Искусство капстекинга отпечаталось в структуре нейронов. В результате на манипуляции со стаканчиками Остин теперь тратит меньше времени. Мой мозг, наоборот, всей своей мощью набрасывается на проблему. Я использую когнитивные программы общего назначения, а Остин превратил свое умение в специализированную когнитивную аппаратную часть.

Когда мы осваиваем новые навыки, они становятся физической структурой, опускаясь ниже уровня сознания. Некоторые люди называют это мышечной памятью, однако навыки хранятся вовсе не в мышцах; процедура капстекинга организуется в густых джунглях связей в мозгу Остина.



Освоенные навыки вписываются в микроструктуру мозга.

За годы занятий капстекингом изменилась мелкая структура нейронных сетей в мозгу Остина. Процедурная память – это долговременная память, в которой хранятся автоматические действия, такие как езда на велосипеде или завязывание шнурков. Для Остина капстекинг переместился в процедурную память, которая отпечатана в микроскопической структуре его мозга, и в результате его действия стали быстрыми и эффективными с точки зрения энергозатрат. Во время тренировок сигналы постоянно проходили по одним и тем же нейронным сетям, усиливая синапсы и таким образом встраивая навык в физическую структуру. Остин достиг такого совершенства, что мог с завязанными глазами безошибочно собирать и разбирать пирамиды из стаканчиков.

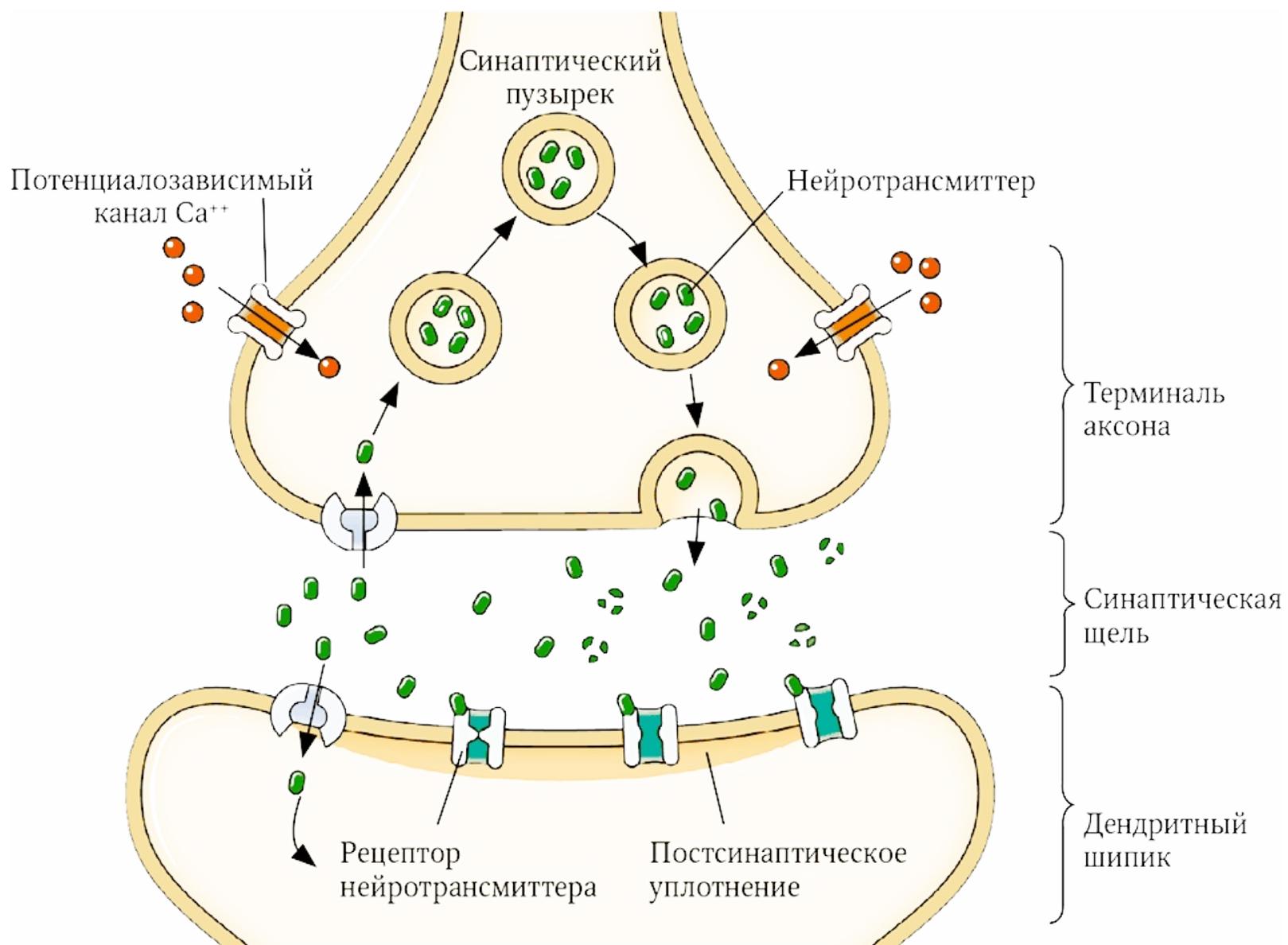
В моем случае при манипуляции стаканчиками мозг использовал медленные, потребляющие много энергии области, такие как префронтальная кора, теменная кора и мозжечок, – все они больше не нужны Остину для выполнения процедуры. На первых этапах обучения важная роль принадлежит мозжечку, который координирует последовательность движений, добиваясь точности и согласованности.

По мере того как навык фиксируется в структуре мозга, он опускается ниже уровня сознательного контроля. На этом этапе мы уже способны выполнять действие автоматически, не думая о нем, то есть без сознательного понимания. В некоторых случаях структуры, связанные с тем или иным навыком, становятся настолько глубокими, что образуются не только в головном мозге, но и в спинном. Подобное явление наблюдалось у кошек, у которых была удалена большая часть мозга, но они тем не менее могли нормально ходить в «беличьем колесе»: сложные программы, используемые при ходьбе, хранятся на нижнем уровне нервной системы.

На автопилоте

Всю жизнь наш мозг перестраивается, чтобы сформировать нейронные сети для действий, которые мы выполняем, будь то ходьба, сёрфинг, жонглирование, плавание или управление автомобилем. Способность «прожигать» программы в своей структуре – это один из самых мощных инструментов мозга. Он может решить проблему сложного движения с минимальными затратами энергии, встраивая соответствующую сеть в свою структуру. Отпечатанные в структуре мозга, эти навыки выполняются без размышлений – без сознательных усилий, – что высвобождает ресурсы и позволяет сознанию воспринимать и решать другие задачи.

У этой автоматизации имеется следствие: новые навыки опускаются ниже границы сознательного доступа. Вы теряете доступ к сложным программам, выполняющимся скрытно, и поэтому точно не знаете, как вы делаете то, что делаете. Когда вы поднимаетесь по ступенькам лестницы, занятые разговором, то понятия не имеете, каким образом вычисляются десятки микроскопических сигналов, корректирующих положение тела или управляющих движением языка, который находится в непрерывном движении, помогая произвести правильные звуки. Это трудные задачи, успешно выполнить которые удастся не всегда. Но ваши действия стали автоматическими и бессознательными – вы способны жить «на автопилоте». Многим знакомо это чувство: вы возвращаетесь домой с работы обычной дорогой и вдруг осознаете, что не помните, как доехали. Навыки управления автомобилем до такой степени автоматизировались, что вы ведете машину бессознательно. Сознание – та часть вас, которая пробуждается к жизни, когда вы просыпаетесь утром, – уже не водитель, а в лучшем случае пассажир.



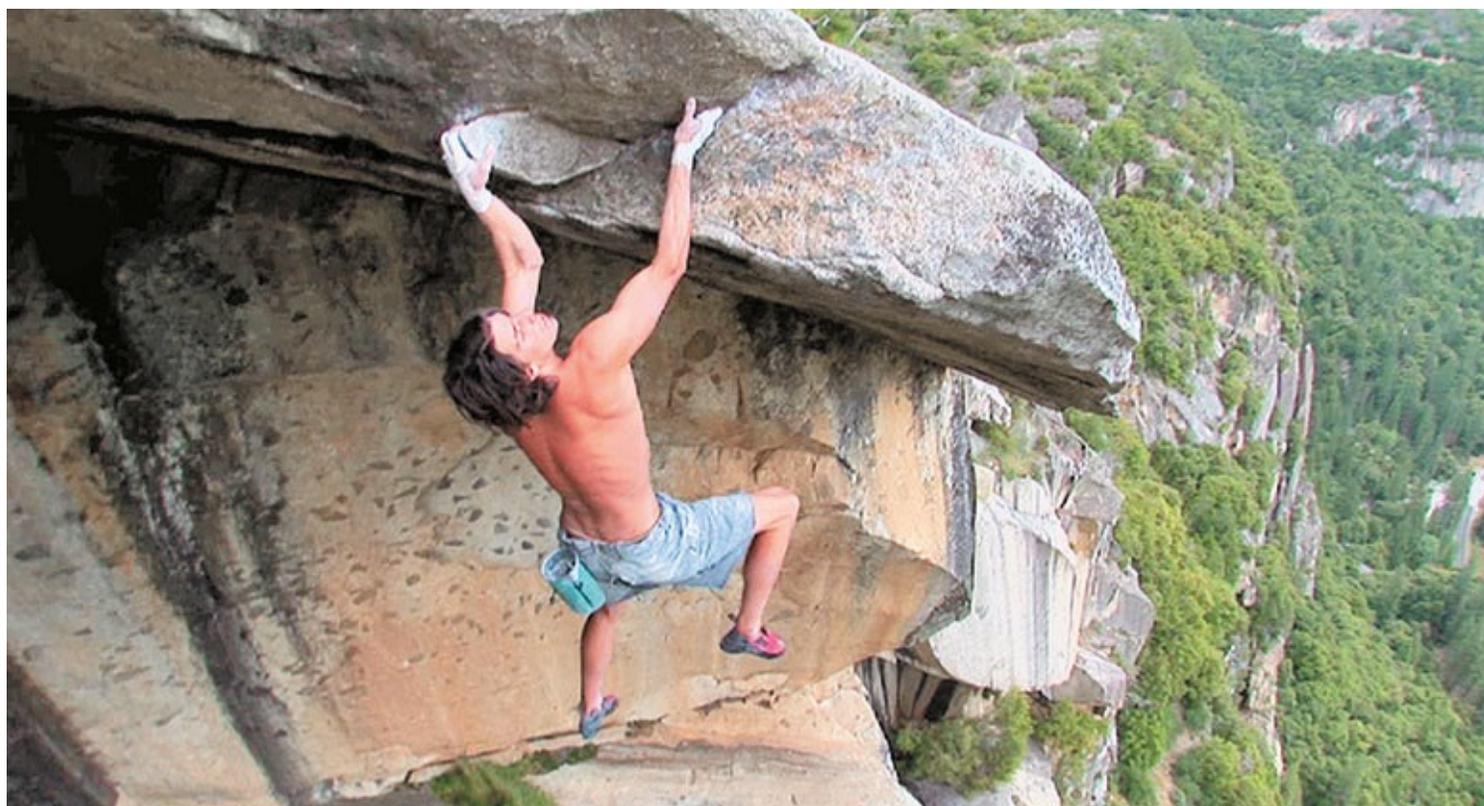
Синапсы и обучение

Связи между нейронами называются синапсами. Именно здесь химические соединения, получившие название нейротрансмиттеров, передают сигналы между нейронами. Но синаптические связи не одинаковы по силе: в зависимости от истории и активности они могут усиливаться или ослабляться. С изменением силы синапсов изменяется и прохождение информации по нейронной сети. Если связь в достаточной степени ослабляется, она впоследствии еще больше слабеет и исчезает. При усилении от нее могут образоваться новые связи. Такая перестройка отчасти направляется системами вознаграждения, которые в случае удачных действий распространяют нейротрансмиттер под названием «дофамин». За сотни часов тренировок каждое успешное или неудачное движение перестраивало нейронные сети в мозгу Остина – очень медленно, почти незаметно.

У доведенных до автоматизма навыков есть одно любопытное следствие: попытка сознательного вмешательства обычно ухудшает результат. Приобретенное умение – даже

самое сложное – лучше предоставить самому себе.

Возьмем, например, скалолаза Дина Поттера: вплоть до своей недавней гибели он взбирался на скалы без веревки и страховочного оборудования. Дин занимался скалолазанием с двенадцати лет. За годы тренировок необыкновенная точность движений отпечаталась в структуре связей его мозга. Карабкаясь на скалы, Дин рассчитывал на эти тренированные нейронные сети, в работу которых не вмешивается сознание. Контроль над своими действиями он полностью передавал бессознательному. При подъеме на скалы мозг Дина находился в состоянии, которое часто называют «потокowym», – именно в этом состоянии спортсмены в экстремальных видах спорта обычно показывают все, на что способны. Подобно многим другим, Дин переходил в это состояние, создавая опасную для жизни ситуацию. Никакой внутренний голос уже не вмешивался в его действия, и он мог опираться только на способности, отпечатанные в его мозгу годами упорных тренировок.



Мозг в потоковом состоянии. Дин старается не думать, когда карабкается по скалам без веревки. Вмешательство сознания ухудшит эффективность его действий.

Энцефалограмма спортсмена в потоковом состоянии – как и у чемпиона по капстекингу Остина Набера – не засорена сознательными размышлениями («Хорошо ли я выгляжу?», «Должен ли я сказать то-то и то-то?», «Запер ли я дверь, уходя из дома?»). При этом мозг переходит в состояние «гипофронтальности», когда участки фронтальной коры временно становятся менее активными. Эти участки связаны с абстрактным мышлением, планированием будущих действий и самосознанием. Именно отключение этих фоновых

операций позволяет человеку висеть без страховки на отвесной скале; мастерство, которое демонстрировал Дин, возможно лишь без отвлечения на внутреннюю болтовню.

Довольно часто сознание лучше оставить на вторых ролях – а для некоторых задач просто нет выбора, поскольку бессознательное способно работать на скоростях, недоступных сознанию. Возьмем, к примеру, бейсбол, в котором мяч после сильного удара питчера может лететь на основную базу со скоростью больше 150 км/ч. Мозг игрока, стремящегося отбить мяч, должен отреагировать за 0,4 секунды. За это время необходимо рассчитать и согласовать сложную последовательность движений, необходимую для удара по мячу. Бэттеры постоянно отбивают мячи, но делают это бессознательно: мяч просто-напросто летит слишком быстро, и спортсмен не в состоянии сознательно оценить его положение и нанести удар. Сознание не просто играет тут второстепенную роль – оно полностью отстранено от действия.

Глубины бессознательного

Бессознательное способно не только управлять телом. Оно формирует нашу жизнь на более глубоком уровне. Когда вы в следующий раз будете с кем-то беседовать, обратите внимание, что слова слетают с ваших губ быстрее, чем вы можете сознательно контролировать свои мысли. Мозг работает скрытно, определяя вашу речь, соединяя слова, формулируя сложные мысли. (Например, сравните со скоростью речи на иностранном языке, который вы только начали учить!)

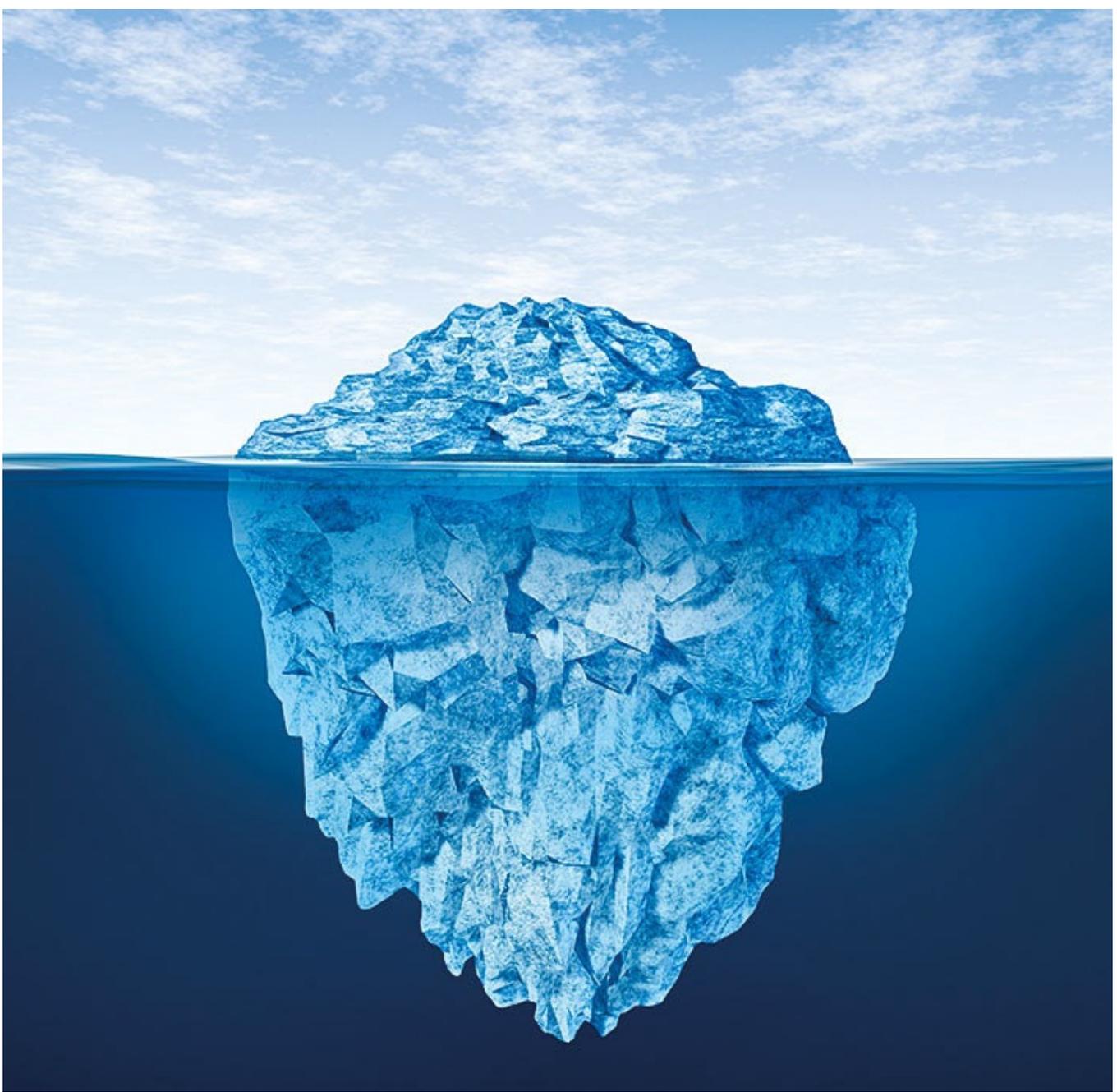
Такая же скрытая работа относится к нашим идеям. Мы приписываем все идеи сознанию, как будто проделали огромную работу, чтобы создать их. На самом деле над ними трудилось подсознание – накапливало память, пробовало новые сочетания, оценивало последствия – на протяжении многих часов или даже месяцев, прежде чем идея всплывала в вашем сознании, и вы восклицали: «Интересная мысль!»

Человек, который впервые обратил внимание на глубины бессознательного, был одним из самых влиятельных ученых XX столетия. Зигмунд Фрейд поступил на медицинский факультет Венского университета в 1873 г. и выбрал своей специальностью неврологию. Начав частную практику по лечению психических заболеваний, он обнаружил, что его пациенты зачастую не осознают мотивы своего поведения. Фрейд предположил, что их состояние по большей части является результатом невидимого психического процесса. Эта простая идея произвела революцию в психиатрии, открыв новый путь к пониманию мотивов и эмоций человека.

До Фрейда аберрантные психические процессы либо оставались необъясненными, либо описывались в терминах одержимости демонами, ослабления воли и т. д. Фрейд настаивал, что причину следует искать в мозгу.

Он укладывал пациентов на кушетку в своем кабинете, чтобы они не смотрели прямо на него, а затем позволял выговориться. В то время, когда врачи не имели возможности сканировать мозг, это был лучший способ заглянуть в мир бессознательного. Метод Фрейда состоял в сборе информации из поведения пациента, содержания его снов, оговорок и описок. Подобно детективу, он искал ключи к механизму бессознательного, к которому пациенты не имели прямого доступа.

Фрейд пришел к убеждению, что сознание – это всего лишь вершина айсберга психических процессов, тогда как большая часть того, что составляет основу наших мыслей и нашего поведения, остается скрытой.



Фрейд предположил, что психика подобна айсбергу – большая ее часть скрыта от сознания.

Предположения Фрейда оказались верными – в частности, мы обычно не знаем, на чем основан наш выбор. Мозг постоянно собирает информацию из окружающей среды и использует ее, чтобы управлять нашим поведением, но очень часто мы не осознаем влияния, которое оказывает на нас среда. Примером может служить так называемый эффект «прайминга», когда на восприятие влияет предшествующее действие. Например, если в руке у вас теплый напиток, то вы опишите свои взаимоотношения с родственником в более благоприятном свете; если же вы держите холодный напиток, оценка взаимоотношений будет более сдержанной. Почему это происходит? Потому что механизм оценки мозгом взаимоотношений с другим человеком пересекается с механизмом оценки температуры, и эти механизмы влияют друг на друга. В результате вашим мнением о чем-то важном, таком как отношения с матерью, можно манипулировать с помощью холодного или горячего чая. Точно так же под воздействием неприятных запахов вы склонны к более строгим моральным

оценкам – например, с большей вероятностью посчитаете чьи-то странные поступки безнравственными. В другом исследовании ученые показали, что если вы сидите на твердом стуле, то становитесь более несговорчивым в деловых переговорах; в мягком кресле от вас легче добиться уступок.

Рассмотрим еще один пример бессознательного влияния «скрытого эгоизма», который отражает нашу тягу к вещам, напоминающим о нас самих. Когда специалист по социальной психологии Бретт Пелхэм и его сотрудники проанализировали информацию о выпускниках зубоучебного и юридического факультетов, то обнаружили статистически значимую распространенность имен Деннис или Дениза у дантистов, а также имен Лора и Лоренс у юристов (*англ. law* – закон). Они также выяснили, что у владельцев компаний, специализирующихся на кровле, фамилия часто начинается на «R» (*англ. roof* – крыша), у владельцев магазинов бытовой техники – на «H» (*англ. hardware* – бытовая техника). Но разве род занятий – единственная область, в которой мы делаем выбор? Очень похоже, что и наша личная жизнь подвержена подобному влиянию. Когда психолог Джон Джонс и его коллеги проанализировали записи регистрации брака в Джорджии и Флориде, то обнаружили, что первая буква имени совпадает у большего количества супружеских пар, чем предполагалось. Это означает, что Дженни с большей вероятностью выйдет за Джоэла, Энтони женится на Эми, а Донни на Дейзи. Такого рода подсознательное влияние незначительно, но измеримо.

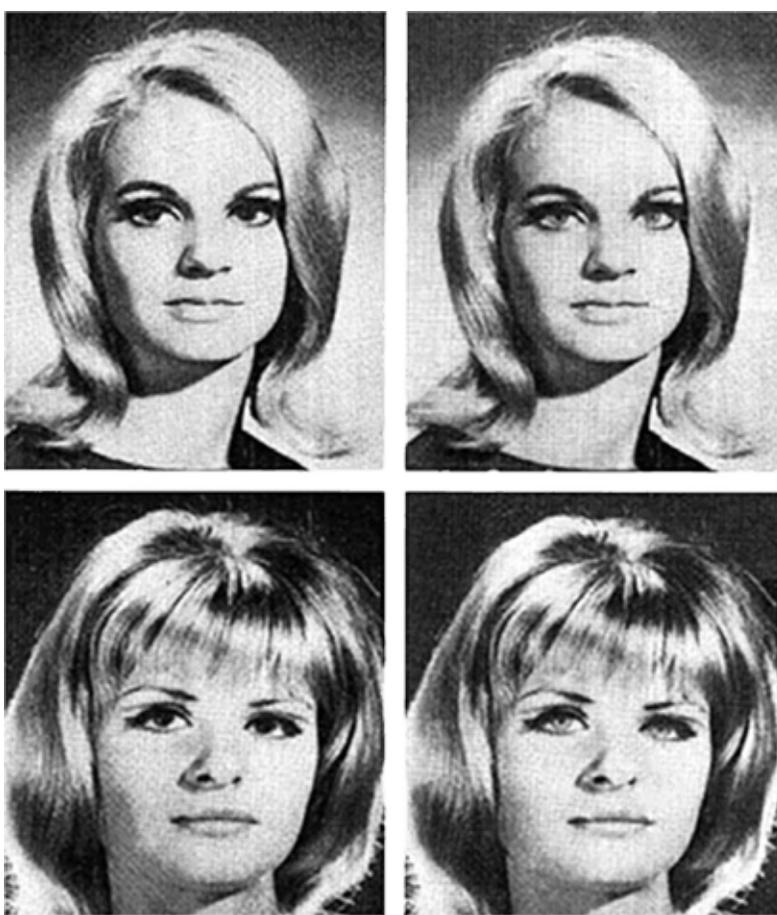
Но вот что важно: если спросить этих Деннисов, Лор или Дженни о причинах выбора профессии или спутника жизни, они расскажут вам связную и логичную историю, но в этом рассказе не будет отражено влияние их бессознательного на самый важный в жизни выбор.

Рассмотрим еще один эксперимент, придуманный психологом Экхардом Хессом в 1965 г. Мужчинам предлагали взглянуть на фотографии женских лиц и оценить их. Какова их привлекательность по шкале от одного до десяти? Радуются они или грустят? Добрые они или злые? Дружелюбные или нет? Фотографии подверглись обработке, о чем участники эксперимента не знали. На половине снимков зрачки женщин искусственно расширили.



Подталкивать бессознательное

Ричард Талер и Кэсс Санстейн в своей книге *Nudge* («Подталкивание») описывают метод, позволяющий улучшить «решения, касающиеся здоровья, благосостояния и счастья», воздействуя на нейронные сети, недоступные для сознания. Небольшой толчок со стороны окружающего мира способен изменить к лучшему наше поведение и решения, причем незаметно для нас самих. Если в супермаркетах фрукты разместить на уровне глаз, то покупатели делают более полезный для здоровья выбор. Плакаты с изображением мух в туалете аэропорта побуждают мужчин аккуратнее пользоваться писсуарами. Предложение индивидуальных пенсионных планов работникам (с возможностью отказаться, если они не хотят) приводит к более рациональному сбережению средств. Этот метод управления называется мягким патернализмом, и Талер с Санстейном убеждены, что мягкое подталкивание бессознательного оказывает гораздо более сильное влияние на наши решения, чем прямое принуждение.



Зрачки женщин на левых снимках были искусственно расширены. Каждый мужчина видел только один вариант.

Женщин с расширенными зрачками мужчины считали более привлекательными. Сознательно никто из испытуемых не обратил внимания на размер зрачков, и, скорее всего, ни один из них не знал, что расширенные зрачки являются биологическим признаком сексуального возбуждения женщины. Но об этом знал их мозг, и мужчины бессознательно отдавали предпочтение женщинам с расширенными зрачками, считая их красивее, счастливее, добрее и дружелюбнее.

На самом деле именно так и зарождается любовь. Вас сильнее влечет к определенным людям, и вы, как правило, не можете точно сказать почему. Вероятно, ваше сознание просто не имеет доступа к причинам.

В другом эксперименте специалист в области эволюционной психологии Джеффри Милер измерил сексуальную привлекательность женщины, учитывая заработки стриптизерш, танцующих на коленях у посетителей стрип-клуба. Он проследил, как меняется заработок в зависимости от менструального цикла. Выяснилось, что мужчины давали вдвое больше чаевых во время овуляции (женщина может зачать), чем во время менструации (женщина не может зачать). При этом мужчины ничего не знали о биологических изменениях в организме женщины во время месячного цикла – при овуляции гормон эстроген слегка меняет ее внешность, делая черты лица более симметричными, кожу нежнее, а талию тоньше. Тем не менее мужчины обнаруживали эти признаки способности к зачатию – бессознательно.

Такого рода эксперименты позволяют нам узнать нечто важное о работе мозга. Задача этого органа – собирать информацию об окружающем мире и соответствующим образом направлять наше поведение. И совершенно не важно, участвует ли в этом процессе сознание. Большую

часть времени не участвует, и мы не знаем о большей части решений, которые принимаются от нашего имени.

Зачем нам сознание?

Почему же наш мозг не ограничивается бессознательным? Почему мы не лишенные сознания зомби? Зачем эволюция снабдила мозг сознанием? Чтобы это понять, представьте, что вы идете по улице неподалеку от дома, погружившись в свои мысли. И вдруг ваше внимание привлекает странная картина: впереди идет человек в костюме пчелы с чемоданчиком в руке. Оглянувшись, вы увидите, как реагируют люди, тоже заметившие гигантскую пчелу: они прерывают свои автоматизированные действия и смотрят на нее во все глаза.

Сознание включается, когда происходит нечто неожиданное, когда нужно решить, что делать дальше. Мозг старается как можно дольше продержаться на автопилоте, но в мире, полном неожиданностей, это не всегда возможно.



Обычно мы погружены в себя и проходим мимо незнакомцев на улице, не замечая подробностей. Но когда действительность не совпадает с ожиданиями бессознательного, включается сознание, которое пытается быстро построить модель происходящего.

Но сознание предназначено не только для реакции на неожиданности. Оно также играет важную роль в разрешении конфликта внутри мозга. Миллиарды нейронов решают самые разные задачи, от дыхания и передвижения по комнате до отправки еды в рот и занятий спортом. Каждая из этих задач поддерживается обширными сетями мозга, работающими в

автоматическом режиме. Что произойдет, если между ними возникнет конфликт? Например, если вы протягиваете руку за сливочным мороженым с орехами и фруктами, в то же время понимая, что потом пожалеете о своей слабости. В подобных ситуациях требуется принять решение. Нужно оценить, что лучше для вашего организма и ваших долгосрочных целей. Сознание – система, которая, в отличие от других подсистем мозга, обладает этой уникальной способностью. Именно поэтому оно может играть роль арбитра для миллиардов взаимодействующих элементов, подсистем и запрограммированных процессов. Оно может строить планы и ставить цели для системы в целом.

На мой взгляд, сознание – это генеральный директор обширной корпорации с сотнями подразделений и отделов, которые сотрудничают, взаимодействуют и конкурируют между собой самыми разными способами. Маленьким компаниям не нужен генеральный директор, но, когда организация становится достаточно большой и сложной, ей требуется руководитель, который был бы выше повседневных мелочей и формулировал общую стратегию.

Генеральный директор обычно не управляет текущей деятельностью компании, но всегда держит в уме стратегию. Генеральный директор – это самое абстрактное представление компании о себе самой. Что касается мозга, сознание – это способ для миллиардов нейронов увидеть себя как единое целое, способ для сложной системы посмотреть на себя в зеркало.

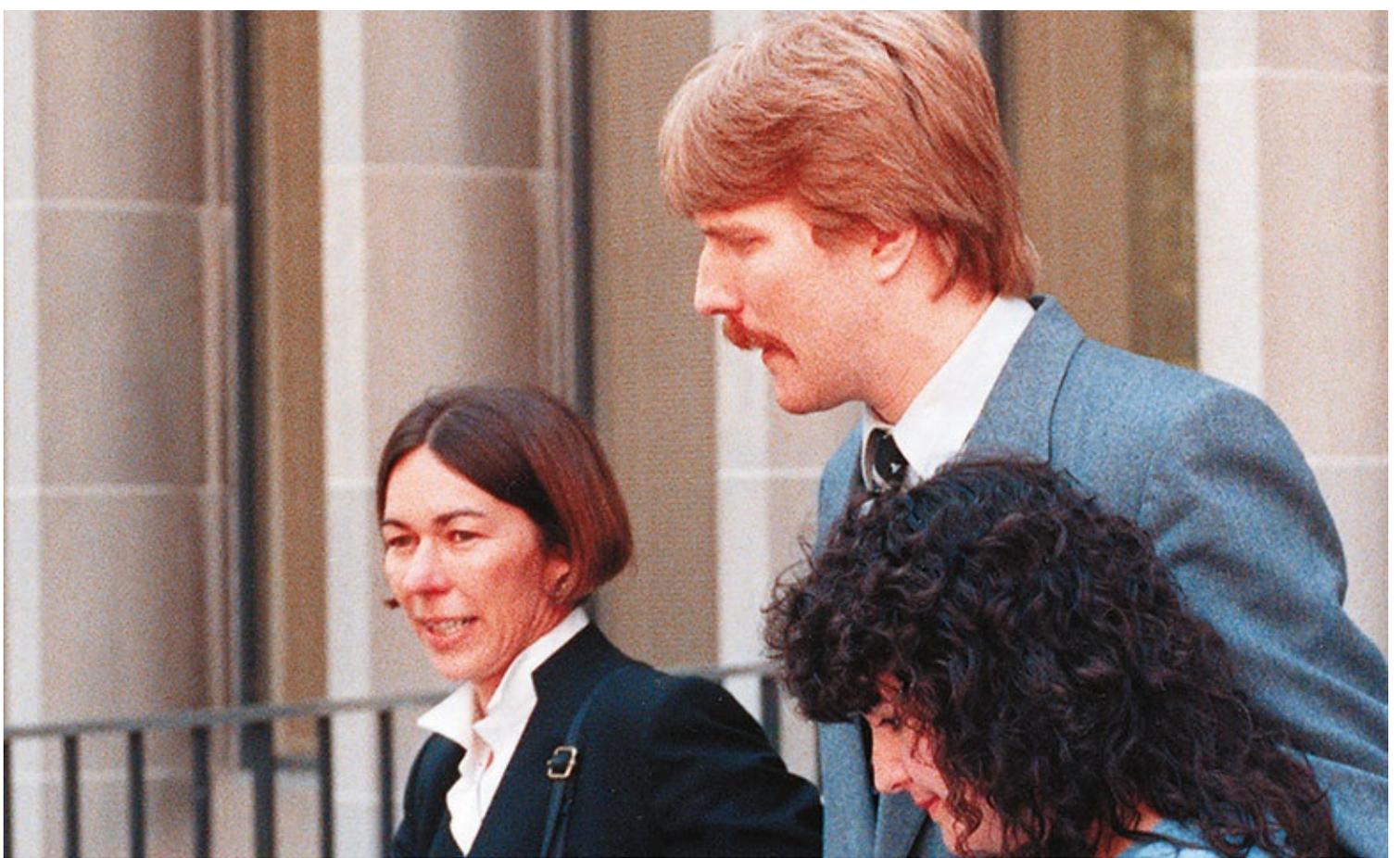
Когда сознание отсутствует

Что произойдет, если сознание не включится и мы слишком долго останемся на автопилоте?

Именно это и произошло с двадцатитрехлетним Кеном Парксом 23 мая 1987 г., когда он заснул у себя дома перед телевизором. У него была жена, пятимесячная дочь, а также финансовые трудности, семейные проблемы и пристрастие к азартным играм. На следующий день он собирался обсудить свои проблемы с родителями жены. Теща описывала его как «добротного великана», и он прекрасно ладил с тестем и тещей. Ночью Кен проснулся, проехал двадцать три километра до дома родителей жены, задушил тестя и зарезал тещу. Затем явился в ближайший полицейский участок и заявил: «Кажется, я только что кого-то убил».

Он не помнил, что произошло. Такое впечатление, что на протяжении этого ужасного эпизода его сознание было отключено. Что случилось с мозгом Кена? Марлис Эдвард, адвокат Паркса, собрала группу экспертов, чтобы они помогли разрешить эту загадку. Вскоре они заподозрили, что события той ночи могли быть связаны со сном Кена. Пока Кен сидел под арестом, его адвокат обратился к специалисту в области сна Роджеру Бротону, который снял ЭЭГ Кена во время ночного сна. Выяснилось, что активность его мозга такая же, как у человека, страдающего лунатизмом.

Продолжив исследования, группа экспертов выявила нарушения сна у многочисленных родственников Кена. Отсутствие мотива, невозможность подделать результаты ЭЭГ и нарушения сна в семье Кена – все это привело к тому, что его признали невиновным в умышленном убийстве и освободили.



Кеннет Паркс после убийства родителей жены выходит из зала суда свободным человеком. Его адвокат Марлис Эдвард сказала: «Вердикт был ошеломляющим... Это было моральное оправдание Кена. Судья сказал, что он свободен».

Кто же главный?

Все это может вызвать вопрос, чем же управляет наше сознание. Может, мы проживаем свою жизнь как марионетки и зависим от милости системы, которая дергает за нитки и определяет все наши дальнейшие действия? Некоторые верят, что дело обстоит именно так и наше сознание не определяет то, что мы делаем.

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к простому примеру. Вы подъезжаете к развилке дороги, где можно повернуть налево или направо. Никаких обязательств повернуть в ту или другую сторону у вас нет, но сегодня, в данный момент, вам хочется выбрать правое ответвление. Вы поворачиваете направо. Но почему туда, а не налево? Потому что вам захотелось? Или потому, что некие недоступные для вас механизмы в мозгу приняли такое решение? Подумайте: сигналы, которые заставляют ваши руки повернуть руль, исходят от двигательной коры, но зарождаются они не там. Они формируются другими зонами фронтальной коры, которые, в свою очередь, стимулируются другими участками мозга, и т. д. – то есть сложной сетью перекрестных связей всего мозга. Не существует никакого «начала отсчета», когда вы приняли определенное решение, поскольку каждый нейрон мозга возбуждается другими нейронами; в системе нет ни одной части, которая работала бы независимо от других. Ваше решение повернуть направо или налево имеет протяженность во времени, которая измеряется секундами, минутами, днями и даже всей прожитой жизнью. Даже решения, которые выглядят спонтанными, не принимаются сами по себе.

Кто же отвечает за принятие решения, когда вы приближаетесь к той развилке на дороге, имея за плечами опыт всей жизни? Эти мысли подводят нас к более глубокому вопросу о свободе воли. Будь у нас возможность сто раз повторить опыт с развилкой дороги, всегда ли мы действовали бы одинаково?

Ощущение свободы воли

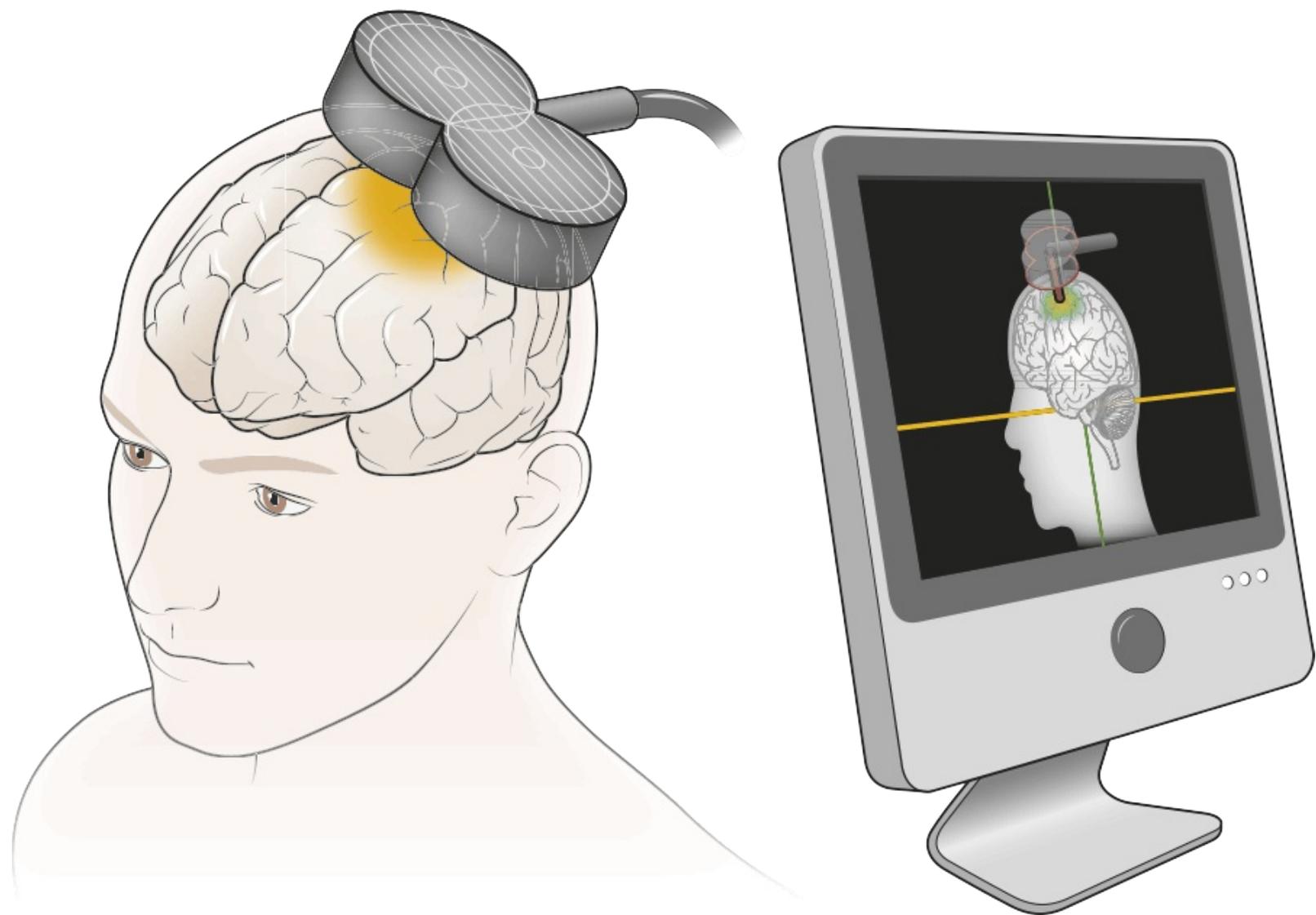
Мы чувствуем себя независимыми, то есть считаем, что принимаем решения самостоятельно. Однако в некоторых обстоятельствах можно продемонстрировать, что эта свобода иллюзорна. В одном из исследований Альваро Паскуаль-Леоне, профессор из Гарварда, пригласил в свою лабораторию добровольцев для простого эксперимента.

Испытуемые сидели перед монитором компьютера, вытянув вперед обе руки. Когда экран становился красным, они должны были выбрать, какую руку поднять, – но не поднимать. Затем экран менял цвет на желтый, а когда он становился зеленым, участник эксперимента должен был реализовать принятое решение и поднять правую или левую руку.

Далее эксперимент немного изменили. Исследователи использовали метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), при котором магнитный импульс возбуждает участок мозга, расположенный под электродом, чтобы стимулировать моторную кору и инициировать движение правой или левой руки. Теперь, когда экран становился желтым, подавался импульс ТМС (в контрольной группе просто звуковой сигнал, но не сам импульс).

Вмешательство ТМС заставляло испытуемых отдавать предпочтение той или иной руке – например, при стимуляции левой моторной зоны участники эксперимента чаще поднимали правую руку. Но самым интересным было другое: испытуемые сообщали о желании поднять ту руку, которая подвергалась манипуляции с помощью ТМС. Другими словами, при красном экране они могли решить, что поднимут левую руку, но затем, после стимуляции в фазе желтого экрана, у них возникало ощущение, что на самом деле они хотели поднять правую руку. ТМС инициировала движение руки, но многие участники эксперимента считали, что они принимали решение самостоятельно. По словам Паскуаль-Леоне, испытуемые часто говорили, что передумали. Независимо от источника активности мозга, они воспринимали свои действия как результат свободного выбора. Сознание превосходно умеет убеждать себя, что оно главное.

Подобные эксперименты поднимают вопрос о том, стоит ли верить интуиции, которая говорит нам о свободе выбора. В данный момент нейробиологам не удалось с помощью экспериментов полностью исключить свободу воли. Это сложный вопрос – возможно, наука о мозге еще слишком молода для его разрешения. Но давайте на секунду представим, что свободной воли не существует; когда вы подъезжаете к развилке дороги, ваш выбор предопределен. На первый взгляд полностью предсказуемая жизнь не представляет никакой ценности.



Даже после того как экспериментатор манипулирует выбором, стимулируя мозг, испытуемые часто заявляют, что их выбор был свободным.

Утешением может служить тот факт, что необыкновенная сложность мозга означает ее непредсказуемость. Представьте контейнер, дно которого заполнено рядами шариков для пинг-понга – каждый аккуратно помещен на отдельную взведенную мышеловку. Если вы бросите внутрь еще один шарик, то можно довольно точно рассчитать, куда он упадет. Но как только этот шарик коснется дна, он вызовет непредсказуемую цепную реакцию. Другие шарики выскочат из своих мышеловок, ударят по следующим шарикам, и ситуация мгновенно станет очень сложной. Любая ошибка в первоначальном предсказании, даже самая мелкая, многократно усиливается по мере того, как шарики сталкиваются, отскакивают от стенок и падают друг на друга. Вскоре уже абсолютно невозможно делать какие-либо предсказания о положении шариков.

Наш мозг аналогичен такому контейнеру с шариками, только он во много раз сложнее. В контейнер можно поместить несколько сотен шариков для пинг-понга, но сигналов между клетками мозга в триллионы раз больше, причем они меняются каждую секунду нашей жизни. Из этого невообразимо сложного обмена сигналами возникают мысли, чувства и решения.



Шарики от пинг-понга, установленные на мышеловках, подчиняются физическим законам. Но на практике их конечное положение предсказать невозможно. То же самое относится к миллиардам нервных клеток в вашем мозгу и триллионам сигналов, которыми они обмениваются каждую секунду. Это физическая система, однако мы не в состоянии точно предсказать, что произойдет дальше.

И это лишь начало непредсказуемости. Мозг каждого человека окружают мозги других людей. За обеденным столом, в лекционном зале или на просторах интернета – везде человеческие нейроны влияют друг на друга, образуя невероятно сложную систему. Это означает, что, хотя нейроны подчиняются простым и понятным физическим законам, на практике действия человека предсказать невозможно.

Гигантская сложность мозга позволяет понять один простой факт: наша жизнь управляется силами, которые мы не в состоянии осознать и которыми мы не можем управлять.

4. Как я принимаю решения?

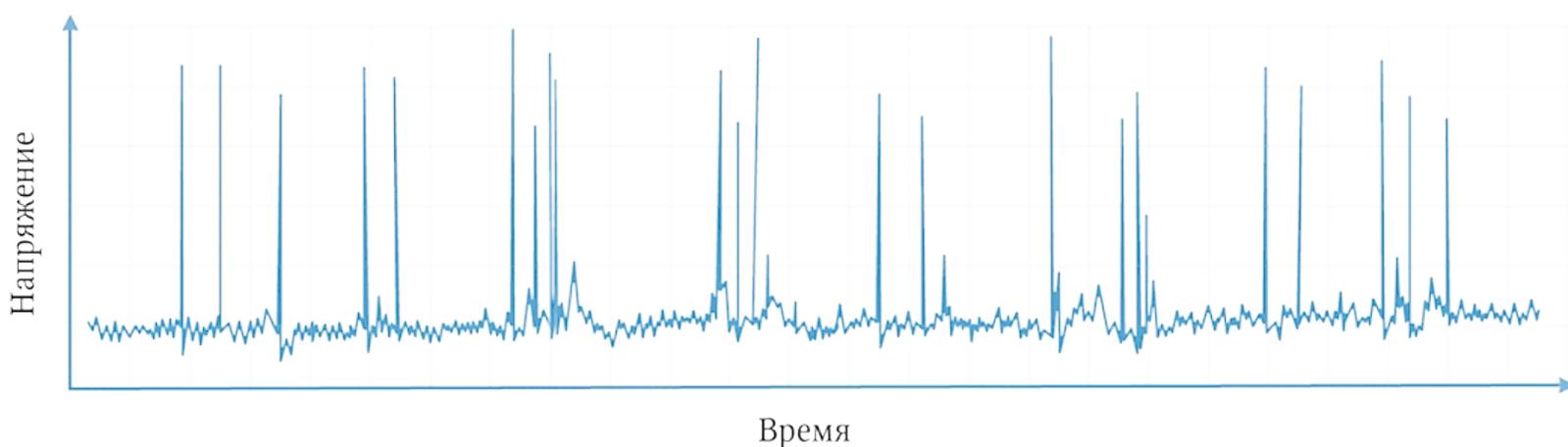
Съесть мне мороженое или не стоит? Ответить на письмо немедленно или подождать? Какие туфли надеть? Наш день состоит из тысячи мелких решений: что делать, куда пойти, как отреагировать, в чем участвовать. Первые теории принятия решений предполагали, что люди – рациональные существа, взвешивающие все за и против, чтобы сделать оптимальный выбор. Однако научные наблюдения этого не подтвердили. Мозг состоит из множества конкурирующих сетей, у каждой из которых свои цели и свои желания. Возьмем, например, мороженое: некоторые нейронные сети вашего мозга хотят сладкого, другие возражают, считая, что в долгосрочном плане это вредно, третьи полагают, что вы можете позволить себе немного мороженого, если пообещаете завтра пойти в тренажерный зал. Мозг похож на парламент, состоящий из соперничающих политических партий, которые борются за право управлять государством. Ваши решения могут быть эгоистичными или благородными, импульсивными или предусмотрительными. Мы – сложные существа, поскольку состоим из множества побуждений, каждое из которых стремится стать главным.

Звук решения

На операционном столе лежит пациент по имени Джим, которому делают операцию на мозге, чтобы избавиться от дрожания рук. Нейрохирург внедрил в мозг Джима тонкие длинные проволочки, которые называются электродами. Пропуская через электроды слабые электрические импульсы, можно изменить рисунок возбуждения нейронов и таким образом уменьшить дрожание рук.

Электроды дают уникальную возможность увидеть активность отдельных нейронов. Нейроны сообщаются друг с другом посредством электрических импульсов, получивших название биоэлектрических потенциалов, но эти сигналы настолько слабы, что хирурги и исследователи часто регистрируют их с помощью воспроизводящего звук динамика. Так крошечные выбросы напряжения (величиной в одну десятую вольта и длительностью одну тысячную секунды) превращаются в слышимые ухом щелчки.

Электрод вводится в разные зоны мозга, и тренированное ухо может распознать рисунок активности каждой зоны. Одни участки характеризуются простыми последовательностями, другие рисунки имеют сложную структуру. Представьте, что вы слышите разговоры нескольких людей из разных стран: поскольку эти случайно выбранные люди живут в разных культурах и имеют разные профессии, их речь будет существенно отличаться.



На мониторе показаны крошечные всплески электрических сигналов, которые получили название биоэлектрических потенциалов. Любая мысль, возникающая у Джима, любое его воспоминание, любой выбор, который он обдумывает, – все они записаны этими маленькими таинственными иероглифами.



Что происходит в вашем мозгу, когда вы видите старуху? Что изменяется при виде молодой женщины?

Я тоже присутствую в операционной, но в качестве исследователя: мой коллега оперирует пациента, а у меня другая цель – лучше понять, как мозг принимает решение. Я прошу Джима выполнять разные задания – разговаривать, читать, смотреть, делать выбор – и пытаюсь определить, как они коррелируют с активностью нейронов. У мозга нет болевых рецепторов, и поэтому во время операции пациент может находиться в сознании. Я прошу Джима взглянуть на простую картинку и выключаю запись сигналов его мозга.

На рисунке вы можете видеть молодую женщину в шляпке, которая отвернулась от вас. Теперь попробуйте взглянуть на этот рисунок иначе: старуха, смотрящая вниз и влево. Эта картинка допускает две интерпретации (эффект получил название бистабильности восприятия). Когда вы смотрите на рисунок, то видите один вариант, а со временем обнаруживаете другой, затем опять первый и т. д. Очень важный аспект: физически на странице ничего не меняется. Когда Джим сообщает о переключении изображения, это происходит в результате неких изменений в его мозгу.

В тот момент, когда он видит молодую женщину или старуху, его мозг делает выбор. Выбор не обязан быть сознательным; в данном случае это выбор восприятия зрительной системой Джима и механизм переключения полностью скрыт от сознания. Теоретически мозг должен иметь возможность одновременно видеть молодую женщину и старуху, но в реальности этого не происходит. Сталкиваясь с двусмысленностью, мозг рефлекторно делает выбор. Потом он меняет свое мнение, и такое переключение может повторяться снова и снова. В любом случае наш мозг справляется с двусмысленностью посредством выбора.

Таким образом, когда мозг Джима делает выбор в пользу молодой женщины или старухи, мы можем слышать реакцию небольшого числа нейронов. Активность одних усиливается (бип...бип... бип... бип), тогда как другие замедляются (бип... бип... бип... бип). Однако дело не ограничивается ускорением или замедлением сигналов: иногда рисунок возбуждения нейронов меняется не так явно, просто синхронизируясь или рассинхронизируясь с активностью других нейронов при сохранении первоначального ритма.

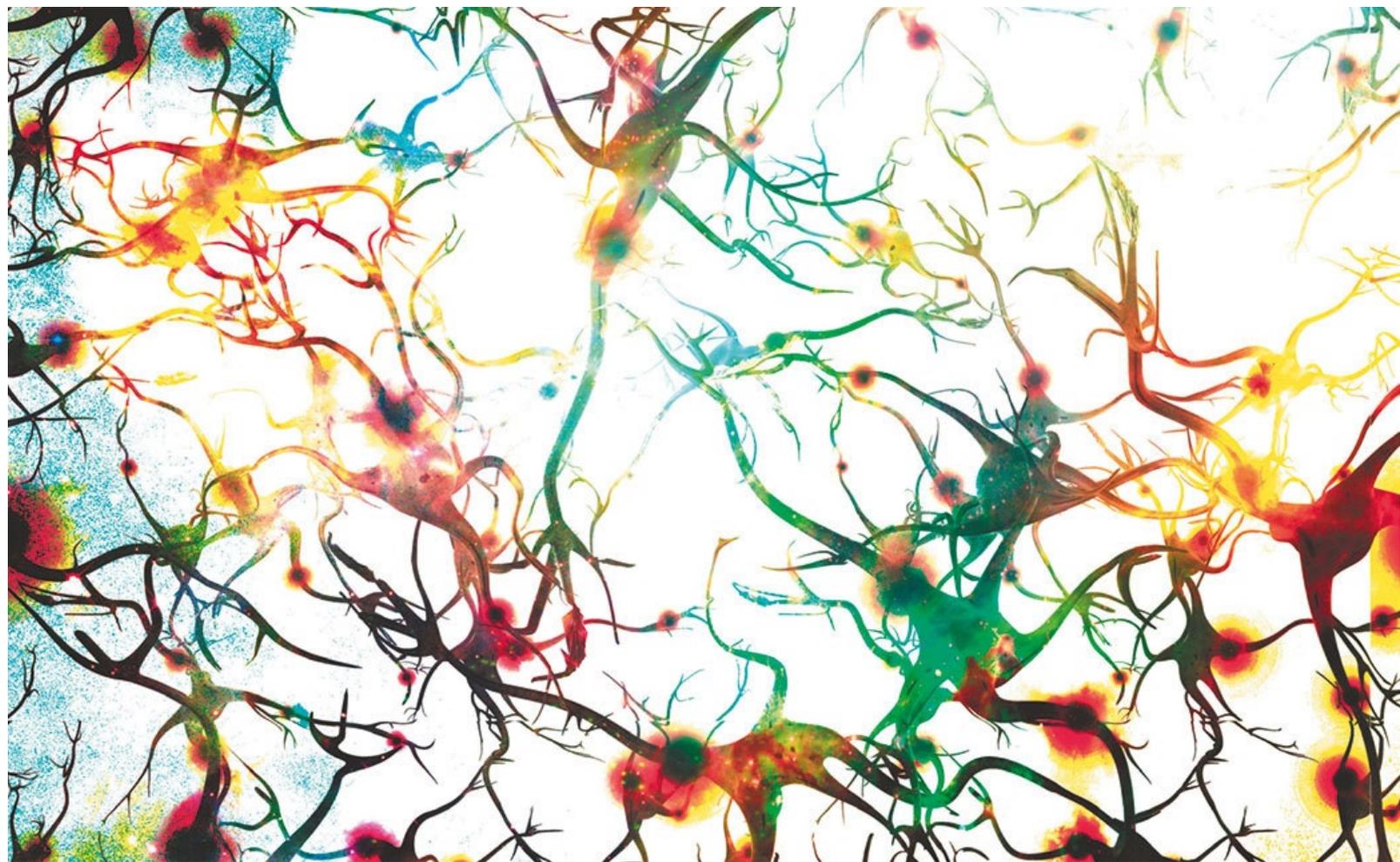
Нейроны, которые мы подслушивали, сами по себе не отвечали за изменение восприятия – они работали совместно с миллиардами других нейронов, так что изменения, которые мы регистрировали, лишь отражали изменение рисунка возбуждения в большой зоне мозга. Когда рисунок возбуждения меняется, это свидетельствует о принятии решения.

Мозг ежедневно принимает тысячи решений, определяя ваше взаимодействие с окружающим миром. Решения – что надеть, кому позвонить, как воспринять грубое замечание, ответить ли на письмо, когда уходить – лежат в основе любой нашей мысли, любого действия. Ваша личность является результатом сражений за власть, которые не утихают в вашем мозгу каждую секунду на протяжении всей жизни.

Слушая звук активности нейронов мозга Джима – бип-бип-бип, – невольно испытываешь восхищение. Ведь именно так звучало каждое решение в истории человечества. Каждое предложение руки и сердца, каждое объявление войны, каждый взлет воображения, каждый шаг в неизвестное, каждый добрый поступок, каждая ложь, каждая радость, каждый поворотный момент. Все это происходило прямо здесь, в темноте черепа, являясь результатом активности в сетях биологических клеток.

Мозг – машина, выросшая из конфликта

Давайте внимательнее присмотримся к тому, что происходит за кулисами во время принятия решения. Представьте, что перед вами простой выбор: вы стоите перед витриной с замороженными йогуртами, пытаетесь выбрать один из двух любимых сортов. Например мятный или лимонный. На первый взгляд вы почти ничего не делаете: просто стоите и переводите взгляд с одной упаковки на другую. Но в мозгу этот простой выбор становится причиной настоящего урагана активности.



Популяции нейронов конкурируют друг с другом подобно политическим партиям, борющимся за главенство.

Влияние одного нейрона почти незаметно. Но каждый нейрон связан с тысячами соседних, а они, в свою очередь, еще с тысячами других и т. д. – в результате чего получается громадная, запутанная сеть. Все нейроны выделяют химические вещества, возбуждая и подавляя друг друга.

Внутри этой сети определенное созвездие нейронов представляет мятую. Этот рисунок образован нейронами, которые взаимно возбуждают друг друга. Они не обязательно должны быть соседями; чаще они расположены в удаленных друг от друга зонах мозга, связанных с обонянием, вкусом, зрением, а также уникальными воспоминаниями, в которых присутствует

мята. Каждый из этих нейронов сам по себе не имеет отношения к мяте – в действительности каждый нейрон в разное время играет разные роли, объединяясь с другими нейронами. Но, когда нейроны данного рисунка активизируются одновременно... для вашего мозга это и есть мята. Когда вы стоите перед витриной с йогуртами, это объединение нейронов интенсивно обменивается сигналами подобно пользователям интернета, живущим далеко друг от друга.

Но активны не только эти нейроны. Одновременно другая группа защищает интересы другой привлекательной возможности – лимона. Каждая коалиция – мяты и лимона – пытается взять власть, усиливая собственную активность и подавляя активность других. Они сражаются до тех пор, пока кто-то не одержит верх. Победитель получает все. Победившая сеть нейронов определяет ваши дальнейшие действия.

В отличие от компьютеров в основе работы мозга лежит конфликт между разными возможностями, каждая из которых пытается превзойти другие. Вариантов всегда несколько. Уже выбрав мяту или лимон, вы сталкиваетесь с новым конфликтом: съесть все или только часть? Вас влечет к этому вкусному источнику энергии, но в то же время вы понимаете, что в нем много сахара и лучше бы вместо него отправиться на пробежку. Опустошите ли вы весь контейнер, зависит от того, чем закончится битва.

В результате непрекращающихся конфликтов в мозгу мы можем спорить сами с собой, ругать или хвалить себя. Но кто с кем разговаривает? Все это вы – разные грани вашей личности.

Выявить внутренние конфликты помогают простые эксперименты. Назовите цвет букв, которыми напечатано каждое из этих слов:

ФИОЛЕТОВЫЙ ЖЕЛТЫЙ КРАСНЫЙ ЧЕРНЫЙ КРАСНЫЙ
ЗЕЛЕНый КРАСНЫЙ ЖЕЛТЫЙ ОРАНЖЕВЫЙ СИНИЙ
ФИОЛЕТОВЫЙ ЧЕРНЫЙ КРАСНЫЙ ЗЕЛЕНый
ОРАНЖЕВЫЙ

Трудно, правда? Почему эта простая задача вызывает затруднения, ведь инструкции ясные и однозначные? Дело в том, что одна нейронная сеть в вашем мозгу определяет цвет букв и ассоциирует с ним название цвета. Одновременно другая, конкурирующая сеть отвечает за чтение слов, причем она настолько сильна и тренирована, что чтение представляет собой глубоко укоренившийся, автоматический процесс. Вы можете почувствовать эту борьбу систем, которые сталкиваются друг с другом, и для того, чтобы дать правильный ответ, необходимо сознательно подавить сильное побуждение прочесть слово и сосредоточиться на цвете шрифта. В этой ситуации вы напрямую чувствуете конфликт.

Чтобы разделить некоторые из главных конкурирующих систем в мозгу, попробуем проделать мысленный эксперимент, известный как «дилемма трамвая». Трамвай катится по рельсам, потеряв управление. Чуть дальше четверо рабочих ремонтируют трамвайные пути, и вы, случайный свидетель, видите, что неуправляемый трамвай несется прямо на них. Затем вы

замечаете, что рядом есть стрелка, которая может направить трамвай по другому пути. Но там трудится один рабочий. Таким образом, если вы переведете стрелку, погибнет один человек, а если не переведете – четверо. Что вы будете делать?

Теперь представьте похожую ситуацию. Исходные условия точно такие же: неуправляемый трамвай несется по рельсам на четырех рабочих. Однако на этот раз вы стоите на крыше водонапорной башни у трамвайных путей, а рядом стоит толстый человек и смотрит вдаль. Вы понимаете, что если столкнете его, то он упадет прямо на пути и его массивное тело остановит трамвай – четверо рабочих будут спасены.

Вы его столкнете?

Разделенный мозг: срываем маску с конфликта

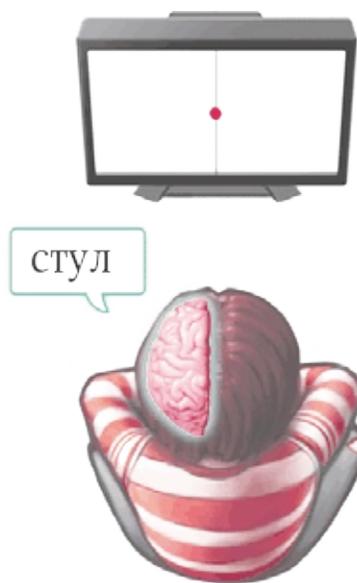
Иногда обстоятельства облегчают наблюдение за внутренним конфликтом между разными частями мозга. Для излечения определенных форм эпилепсии некоторые пациенты подвергаются операции по «разделению мозга», при которой нарушается связь между полушариями. Два полушария мозга связаны «скоростной автострадой» нервных волокон, которая получила название мозолистого тела, и это позволяет правому и левому полушариям координировать свои действия. Если вы озябли, то обе руки действуют совместно: одна придерживает куртку, а другая тянет замок молнии.

Но когда мозолистое тело перерезается, у пациента может возникнуть интересное и пугающее клиническое состояние: синдром чужой руки. Руки начинают действовать независимо друг от друга, преследуя две совершенно разные цели: пациент начинает застегивать куртку, а другая рука внезапно хватается за замок молнии и тянет его вниз. Обычный конфликт в мозгу предстает в виде независимого поведения двух полушарий.

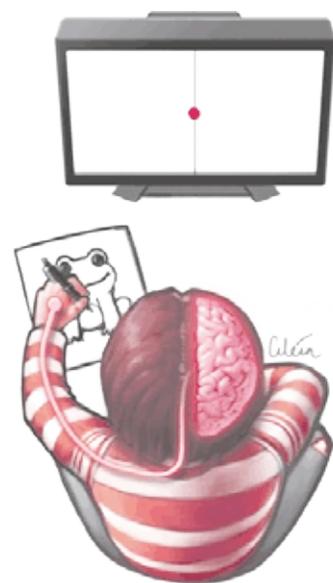
Как правило, синдром чужой руки проходит через несколько недель после операции, по мере того как два полушария используют оставшиеся связи для восстановления координации. Но это нарушение служит доказательством того, что наши действия являются результатом огромного количества битв, которые непрерывно начинаются и заканчиваются во тьме нашего черепа.



Каждое
полушарие
ВИДИТ ТОЛЬКО
ОДНО СЛОВО

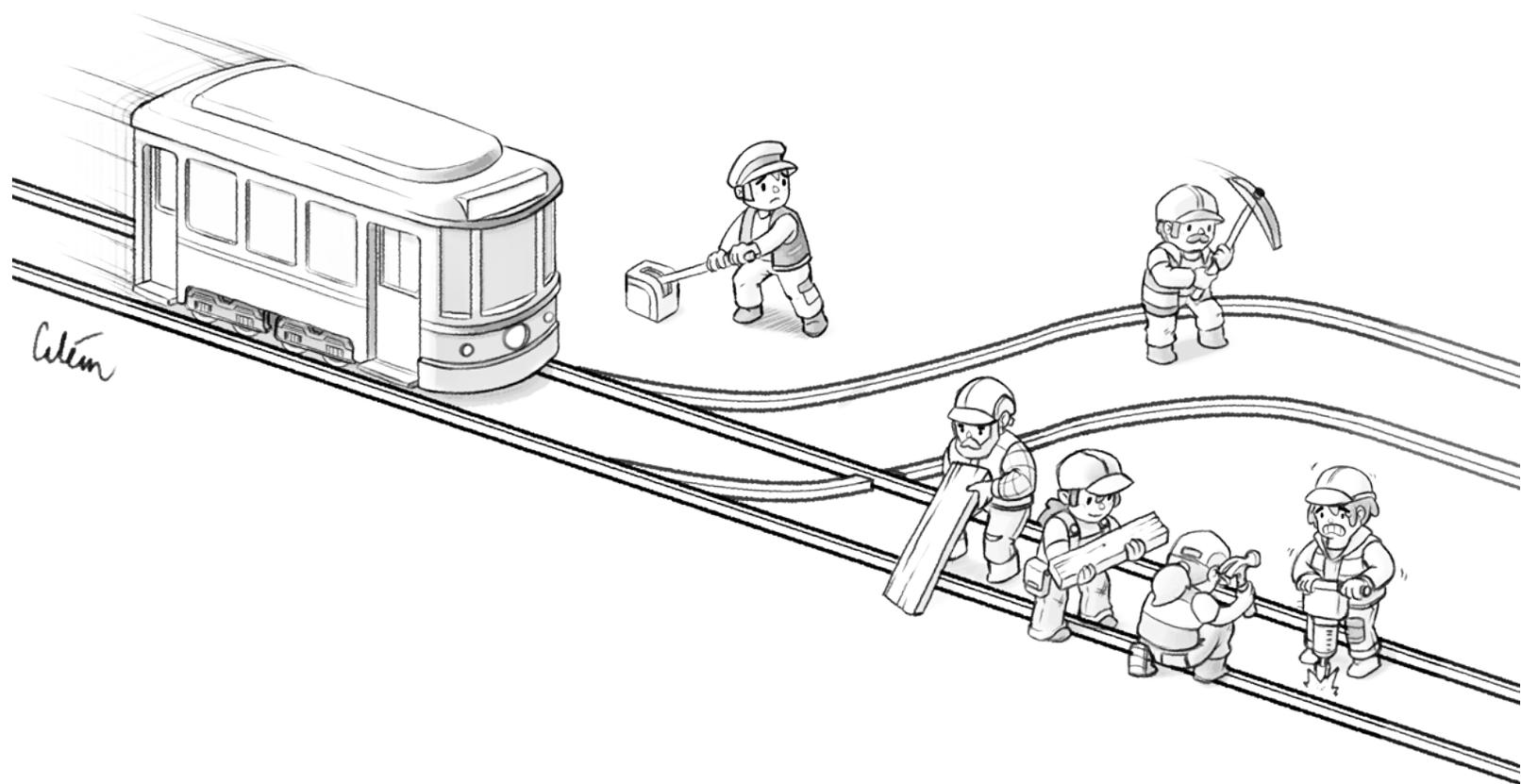


«Что вы ви-
дели?»
(Левое полу-
шарие, речь)

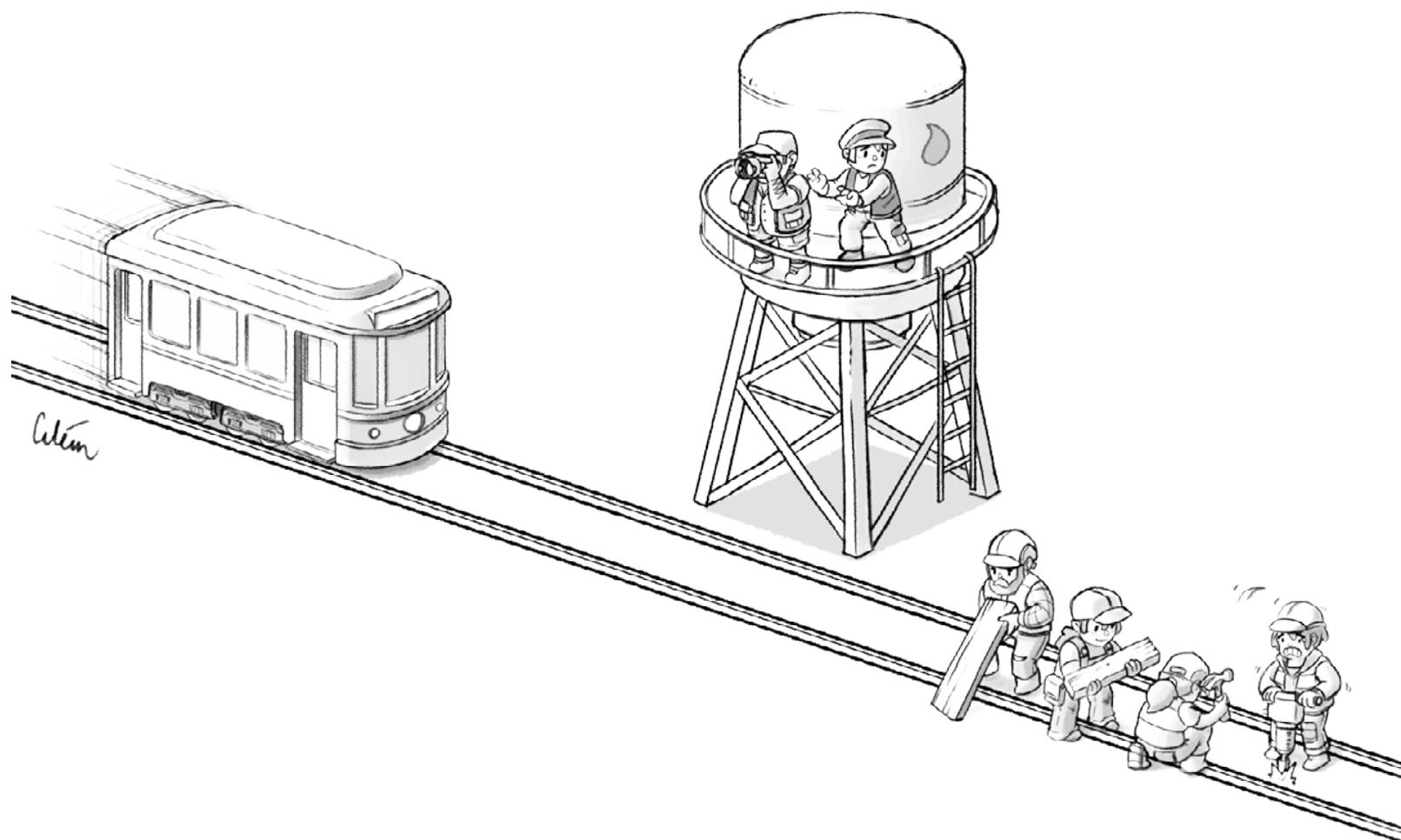


«Нарисуйте ле-
вой рукой, что вы
видели» (Правое
полушарие, левая
рука)

Информация из левой половины поля зрения поступает в правое полушарие и наоборот. В результате если появляющееся на мгновение слово делится полем зрения пополам, то каждое полушарие пациента с разделенным мозгом увидит только половину слова.



Дилемма трамвая. Когда людей спрашивают, как они поступят в этой ситуации, почти все говорят, что переведут стрелку. В конце концов, лучше погибнет один, чем четверо, правда?



Дилемма трамвая, сценарий 2. В данной ситуации почти никто не выражает желания столкнуть человека. Почему? На этот вопрос отвечают так: «Это будет убийство» или «Это просто неправильно».

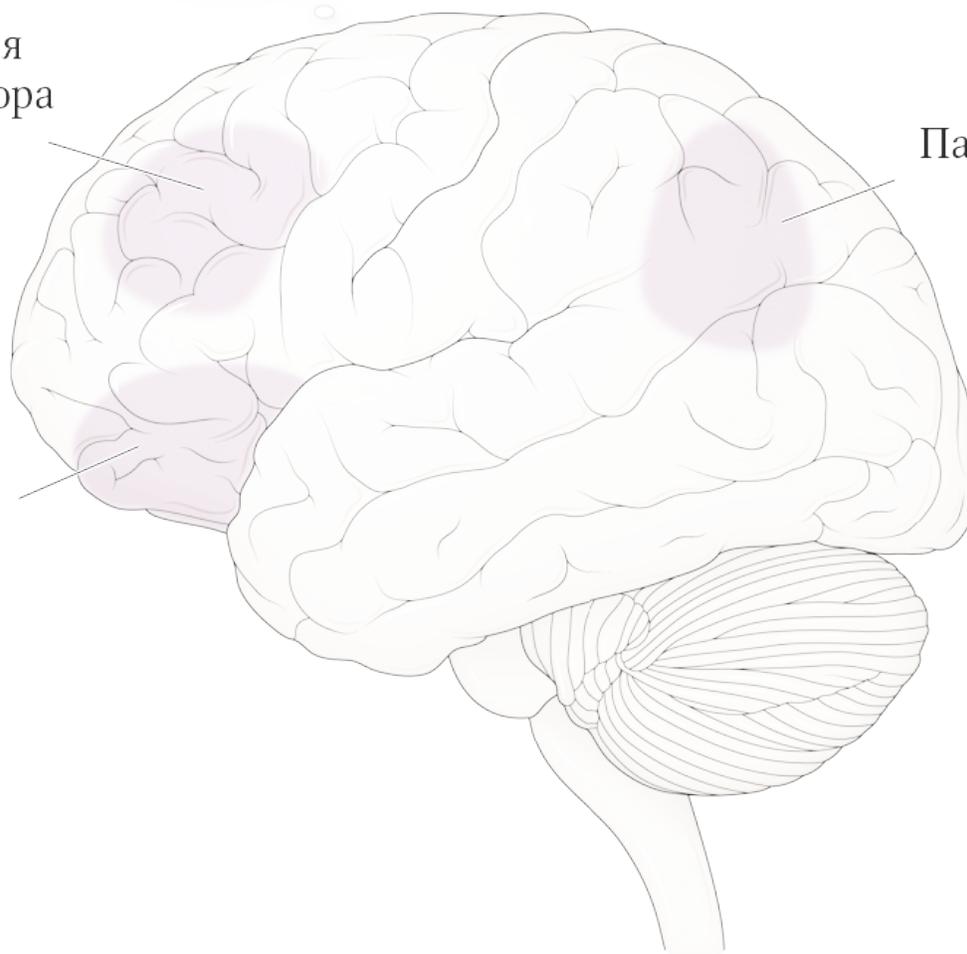
Постойте. Разве в обоих случаях вы решаете не одно и то же уравнение? Пожертвовать одной жизнью ради спасения четырех? Почему же при втором сценарии результаты так сильно отличаются? Сторонники этики и морали рассматривали эту проблему с разных сторон, но нейровизуализация смогла дать вполне определенный ответ. Первый сценарий мозг воспринимает как чисто математическую проблему. Дилемма активирует зоны мозга, связанные с решением логических задач.

«Перевести
стрелку?»

Дорсолатеральная
префронтальная кора

Париетальная
кора

Вентролатеральная
префронтальная
кора



Несколько областей мозга наиболее активно участвуют в решении логических задач.

При втором сценарии вы должны вступить в физический контакт с человеком и толкнуть его навстречу смерти. Это подключает к принятию решения дополнительные нейронные сети: зоны мозга, связанные с эмоциями.

«Столкнуть
человека?»

Передняя поясная кора

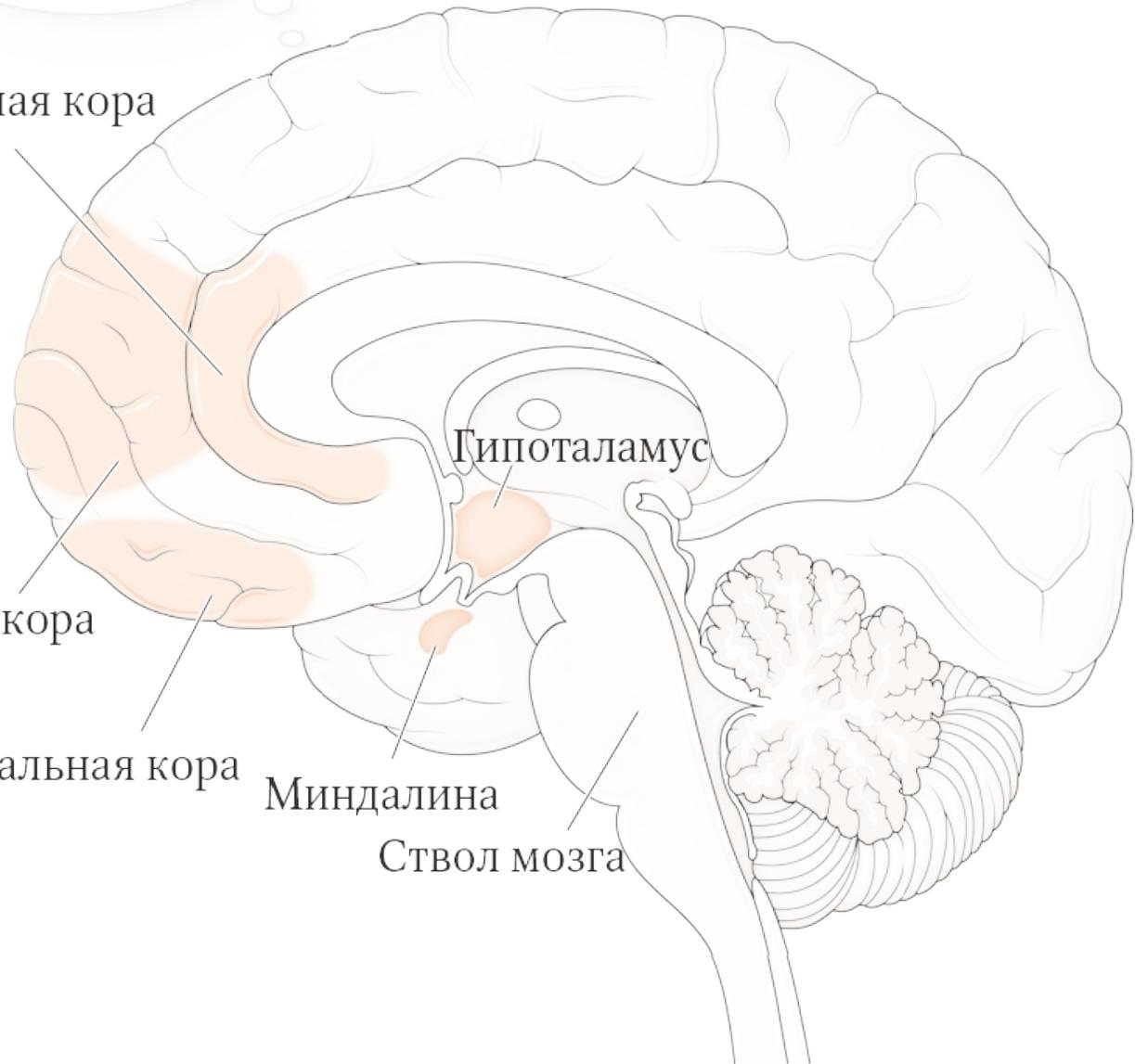
Медиальная
префронтальная кора

Орбитофронтальная кора

Миндалина

Ствол мозга

Гипоталамус



В решении, толкнуть ли невинного человека навстречу гибели, активное участие принимают сети, связанные с эмоциями, и они могут изменить результат.

При втором сценарии мы оказываемся в центре конфликта двух систем с противоположными мнениями. Сети, связанные с рациональным мышлением, говорят, что одна смерть предпочтительнее четырех, но сети, управляющие эмоциями, включают инстинктивное чувство – невинного человека убивать нельзя. Вы разрываетесь между двумя противоположными побуждениями, и результат ваших размышлений, скорее всего, будет не таким, как при первом сценарии.

Дилемма трамвая проливает свет на ситуации, с которыми мы сталкиваемся в реальной жизни. Примером может служить современная война, которая теперь больше похожа на перевод стрелки, чем на сталкивание человека на рельсы. Когда человек нажимает кнопку запуска стратегической ракеты, в этом участвуют только нейронные сети, связанные с решением логических задач. Управление беспилотным аппаратом может превратиться в

разновидность видеоигры; кибератаки наносят ущерб на расстоянии. Здесь в работу включаются сети, связанные с рациональным мышлением, но не обязательно с эмоциями. Дистанционная война снижает остроту внутреннего конфликта, облегчая принятие решения.

Один мудрец предложил имплантировать кнопку запуска ракет с ядерными боеголовками в грудную клетку лучшего друга президента. В таком случае президент, решивший запустить ракеты, был бы вынужден прибегнуть к физическому насилию над другом, вскрыв ему грудь. Это привлекло бы к принятию решения нейронные сети, связанные с эмоциями. В решениях, касающихся жизни и смерти, чистая логика может быть опасна; наши эмоции – это влиятельный и зачастую мудрый электорат, и мы проявили бы беспечность, исключив их из парламентского голосования. Мир не станет лучше, если мы все будем вести себя как роботы.

Нейробиология – новая наука, но интуиция имеет долгую историю. Древние греки считали, что мы должны смотреть на свою жизнь как на колесницу. Мы все возницы, пытающиеся сдержать двух лошадей: белую лошадь рассудка и черную лошадь страсти. Каждая из них тянет в свою сторону. Наша задача – управлять обеими так, чтобы держаться по центру дороги.

В нейробиологии мы часто сталкиваемся со следующей ситуацией: значение эмоций мы можем понять, понаблюдав за тем, что происходит, когда человек лишается способности включать их в принятие решений.

Состояние тела помогает принять решение

Эмоции не просто обогащают нашу жизнь – они необходимы для принятия решений о наших действиях. Это иллюстрирует случай Тэмми Майерс, бывшего инженера, которая разбилась на мотоцикле. Следствием аварии стало повреждение орбитофронтальной коры, зоны, расположенной непосредственно над глазами. Этот участок мозга играет важную роль в объединении сигналов, поступающих от тела. Эти сигналы сообщают другим отделам мозга о состоянии тела – голод, тревога, волнение, смущение, жажда, радость.

Тэмми не похожа на человека с серьезным повреждением мозга. Но, проведя с ней даже пять минут, вы поймете, что она с трудом справляется с повседневными жизненными проблемами. Она может описать все за и против того или иного варианта действий, но даже в простейших ситуациях не в состоянии сделать выбор. Утрата способности суммировать свои чувства значительно затруднила принятие решений. Теперь Тэмми не чувствует разницы между вариантами действий. Результатом становится пассивность – Тэмми сообщает, что может целый день пролежать на диване.

Повреждение мозга Тэмми указывает нам на важный аспект принятия решений. Вопреки распространенному мнению о том, что мозг управляет телом с верхнего уровня, существует непрерывная обратная связь. Сигналы о физическом состоянии позволяют быстро оценить, что происходит и что с этим делать. Тело и мозг должны поддерживать тесную связь, чтобы мы могли сделать выбор.

Представьте такую ситуацию: вы хотите передать соседям посылку, по ошибке доставленную вам. Но, когда вы приближаетесь к воротам, соседская собака начинает рычать, оскалив зубы. Откроете ли вы ворота, чтобы подойти к входной двери дома? Решающим фактором будет вовсе не знание статистики нападений собак. Угрожающая поза животного запустит физиологические реакции в вашем организме: учащенный пульс, спазмы в животе, напряжение мышц, расширение зрачков, изменение уровней гормонов в крови, раскрытие потовых желез и т. д. Эта реакция является автоматической и бессознательной.

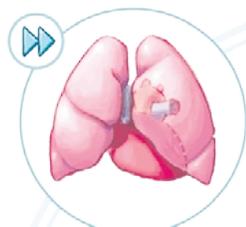
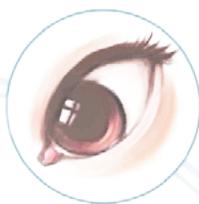
В тот момент, когда вы стоите у ворот, взявшись за задвижку, вы можете воспринимать самую разную информацию (например, цвет собачьего ошейника), но мозгу требуется знать только одно: встретаться ли вам с собакой или передать посылку другим способом. Решить эту задачу помогает ваше физическое состояние, которое служит суммарной оценкой ситуации. Физиологическую сигнатуру можно рассматривать как сообщение общего характера: «Дело плохо» или «Это не проблема», – которое подсказывает мозгу ответ.

Мы ежедневно оцениваем свое физиологическое состояние. В большинстве случаев эти сигналы довольно слабые, и мы их не замечаем. Однако они играют важную роль в нашем выборе. Возьмем, к примеру, супермаркет: именно здесь Тэмми буквально впадает в ступор, не в состоянии принять решение. Какие взять яблоки? Какой хлеб? Какое мороженое? На покупателей обрушиваются тысячи вариантов выбора, и в результате мы тратим драгоценные часы жизни, стоя в проходах между полками и пытаясь заставить свои нейронные сети сделать выбор. Обычно мы этого не осознаем, но справиться с этой пугающей задачей нам помогает

тело.

Физиологическая реакция на страх

Зрачки расширяются, слезные и слюнные железы пересыхают



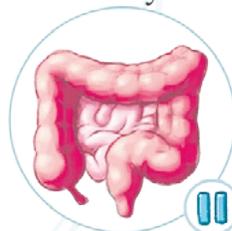
Повышается кровяное давление, пульс и частота дыхания



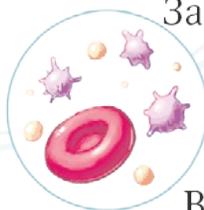
Повышается напряжение, и усиливается приток крови к крупным мышцам



Повышенное потоотделение, «гусиная кожа»



Замедляется работа кишечника



В крови повышаются уровни свертывающих факторов и сахара



В большинстве ситуаций внешней информации слишком много, и поэтому невозможно принять решение исключительно при помощи логики. Для управления этим процессом нам требуется общий вывод: «Здесь мне ничто не угрожает» или «Здесь опасно». Физиологическое состояние организма поддерживает двусторонний диалог с мозгом.

Допустим, вы хотите купить суп. Информации, которую требуется оценить, слишком много: калории, цена, содержание соли, вкус, упаковка и т. д. Будь на вашем месте робот, он застрял бы в супермаркете на целый день, пытаясь сделать выбор, поскольку нет никакого очевидного способа понять, какая информация более значима. Чтобы принять решение, необходимо некое резюме. Его помогает составить обратная связь с телом. Мысль о цене может бросить вас в пот, воспоминание о супе из курицы с лапшой может вызвать слюноотделение, а от мысли о густоте другого супа к горлу может подступить тошнота. Вы симулируете ощущения от разных супов, которые помогают быстро дать оценку супу А, затем супу Б, и эти оценки смещают баланс в ту или иную сторону. Вы не извлекаете данные из надписей на банках, а чувствуете их. Эти эмоциональные сигнатуры слабее, чем те, которые связаны с лающей

собакой, но смысл остается тот же: любой выбор связан с физиологическим состоянием. Организм помогает принять решение.

В предыдущем примере, когда вы выбирали между мятным и лимонным вкусом йогурта, битва шла между нейронными сетями. Именно физиологические сигналы организма сыграли решающую роль и помогли одной нейронной сети взять верх над другой. Травма мозга лишила Тэмми способности вовлекать физиологические сигналы в процесс принятия решений. Женщина может быстро дать общую оценку вариантам выбора или расставить приоритеты для разнообразной информации, которую она в состоянии артикулировать. Вот почему Тэмми большую часть времени проводит на диване: ни один из вариантов выбора не имеет для нее эмоциональной ценности. В результате нет никакого способа склонить чашу весов в пользу той или иной группы нейронов. Дебаты в ее «нейронном парламенте» могут длиться бесконечно.

Поскольку нашему сознанию доступно далеко не все, мы обычно не имеем полного доступа к сигналам тела, которые определяют наши решения. Большая часть происходящего в организме находится гораздо ниже уровня сознания, тем не менее эти сигналы влияют на то, как мы сами себя воспринимаем. Например, нейробиолог Рид Монтегю обнаружил связь между политическими взглядами человека и его эмоциональной реакцией. Он сканировал мозг участников эксперимента, измеряя их реакцию на серию картинок, которые должны были вызывать отвращение: от фекалий до трупов или кишасей насекомыми еды. Потом испытуемым предлагали участие еще в одном эксперименте, и, если они соглашались, им приходилось десять минут отвечать на вопросы, связанные с их политическими взглядами: их спрашивали об отношении к запрету на владение оружием, абортam, добрачному сексу и т. д. Монтегю выяснил, что чем сильнее отвращение, испытанное в первой части эксперимента, тем более консервативен человек в своих взглядах, а чем слабее отвращение, тем либеральнее взгляды. Эта связь настолько сильна, что реакция мозга на единственное неприятное изображение предсказывает результаты идеологического теста с точностью до 95 %. Политические убеждения рождаются на стыке духовного и телесного.

Путешествие в будущее

Каждое решение учитывает прошлый опыт (хранящийся в состояниях нашего тела), а также текущую ситуацию («Хватит ли у меня денег, чтобы купить X вместо Y?», «Доступен ли вариант Z?»). Однако в истории о принятии решений есть еще одна часть: предсказание будущего.

Любое существо, принадлежащее к животному миру, запрограммировано на поиск вознаграждения. Что такое вознаграждение? В общем случае – нечто такое, что приблизит организм к идеальной цели. Вода служит вознаграждением, когда ваш организм обезвожен, а пища – когда заканчиваются запасы энергии. Вода и пища называются первичным подкреплением, которое непосредственно связано с биологическими потребностями. Однако гораздо чаще поведением человека управляют вторичные подкрепления, то есть такие, которые предсказывают первичные. Например, металлический прямоугольник сам по себе ничего не значит для мозга, но, поскольку вы научились распознавать его как фонтанчик для питья, его вид становится вознаграждением, когда вы испытываете жажду. У людей можно выявить еще более абстрактные концепции подкрепления, например ощущение, что нас ценят окружающие. В отличие от животных мы нередко ставим эти подкрепления выше биологических потребностей. По меткому выражению Риды Монтегю, «акулы не устраивают голодовки»: остальные представители животного мира стремятся лишь к удовлетворению базовых потребностей, и только человек постоянно жертвует этими потребностями в угоду абстрактным идеям. Таким образом, когда мы оказываемся перед выбором из нескольких возможностей, то объединяем внутренние и внешние данные, чтобы максимизировать вознаграждение, каким бы индивидуальным оно ни было.

Трудность с любым подкреплением, базовым или абстрактным, состоит в том, что его плоды обычно не бывают мгновенными. Мы почти всегда принимаем решения, при которых выбранный образ действия приносит вознаграждение не сразу, а через какое-то время. Люди много лет ходят в школу, потому что ценят будущий аттестат, не бросают нелюбимую работу, поскольку надеются на повышение; они мучают себя физическими нагрузками, надеясь добиться хорошей физической формы.

Для сравнения разных вариантов необходимо присвоить каждому из них ценность в общей валюте, то есть ожидаемого вознаграждения, а затем выбрать тот, при котором вознаграждение выше. Рассмотрим следующий сценарий: у меня есть немного свободного времени, и я пытаюсь решить, чем заняться. Мне нужно купить кое-что из бакалеи, а кроме того, зайти в кафе и составить заявку на грант для лаборатории, поскольку осталось уже мало времени. И еще мне хочется погулять с сыном в парке. Как мне расставить приоритеты в этом списке вариантов?

Конечно, все было бы просто, будь у меня возможность пережить эти варианты, каждый раз возвращаясь назад во времени, а потом выбрать тот, который приводит к наилучшему результату. Увы, я не умею путешествовать во времени.

Или умею?

Мозг человека постоянно путешествует во времени. Когда нам нужно принять решение, мозг симулирует различные результаты действий, чтобы нарисовать возможную картину будущего. Мысленно мы способны отключаться от настоящего и перемещаться в несуществующий мир.



Люди ежедневно возвращаются в прошлое, как в фильме «Назад в будущее».

Как бы то ни было, мысленная симуляция того или иного варианта – это всего лишь первый шаг. Чтобы сделать выбор между воображаемыми сценариями, я пытаюсь оценить, какое вознаграждение получу в каждом случае. Представляя, как заполняю кладовку бакалейными товарами, я чувствую облегчение оттого, что проявил организованность и избавился от неопределенности. Получение гранта дает подкрепление иного рода: не только деньги для лаборатории, но также уважение декана и чувство удовлетворения от профессиональных успехов. Представив себя в парке с сыном, я испытываю радость и получаю вознаграждение в виде крепких семейных связей. Окончательное решение определится тем, как каждый вариант будущего оценивается в общей валюте моей подкрепляющей системы. Сделать выбор нелегко, поскольку в каждом из вариантов имеются нюансы: симуляция покупки бакалеи сопровождается ощущением скуки, заявке на грант сопутствует чувство неудовлетворенности,

а прогулке по парку – ощущение вины из-за несделанной работы. Обычно сознание по очереди симулирует все варианты и получает ответ от интуиции. Именно так я делаю выбор.

Насколько точна моя симуляция будущего? Могу ли я предсказать, что произойдет на самом деле при выборе каждого из этих вариантов? Ответ прост: не могу. Точность моих предсказаний проверить невозможно. Все симуляции основаны только на прошлом опыте, а также на моих теперешних моделях устройства мира. Как и все представители животного мира, мы не можем бездействовать, надеясь случайным образом выяснить, что принесет вознаграждение в будущем, а что нет. Главная задача мозга – предсказывать, и, чтобы достаточно хорошо справляться с этой задачей, мы должны постоянно изучать окружающий мир на собственном опыте. Таким образом, в данном случае я даю оценку каждому варианту на основе прошлого опыта. Строя в своей голове голливудскую студию, мы путешествуем во времени в воображаемое будущее, чтобы определить его ценность. Именно так я и делаю выбор – сравнивая друг с другом варианты возможного будущего. Именно так я перевожу соперничающие варианты в общую валюту вознаграждения.

Величину вознаграждения для каждого варианта можно рассматривать как внутреннюю похвалу, отражающую полезность чего-либо. Поскольку покупка бакалеи обеспечит меня пищей, присвоим ей десять единиц. Заявка на грант – нелегкое, но необходимое для моей карьеры дело, и поэтому она весит двадцать пять единиц вознаграждения. Я люблю проводить время с сыном, и прогулка по парку стоит пятьдесят единиц.

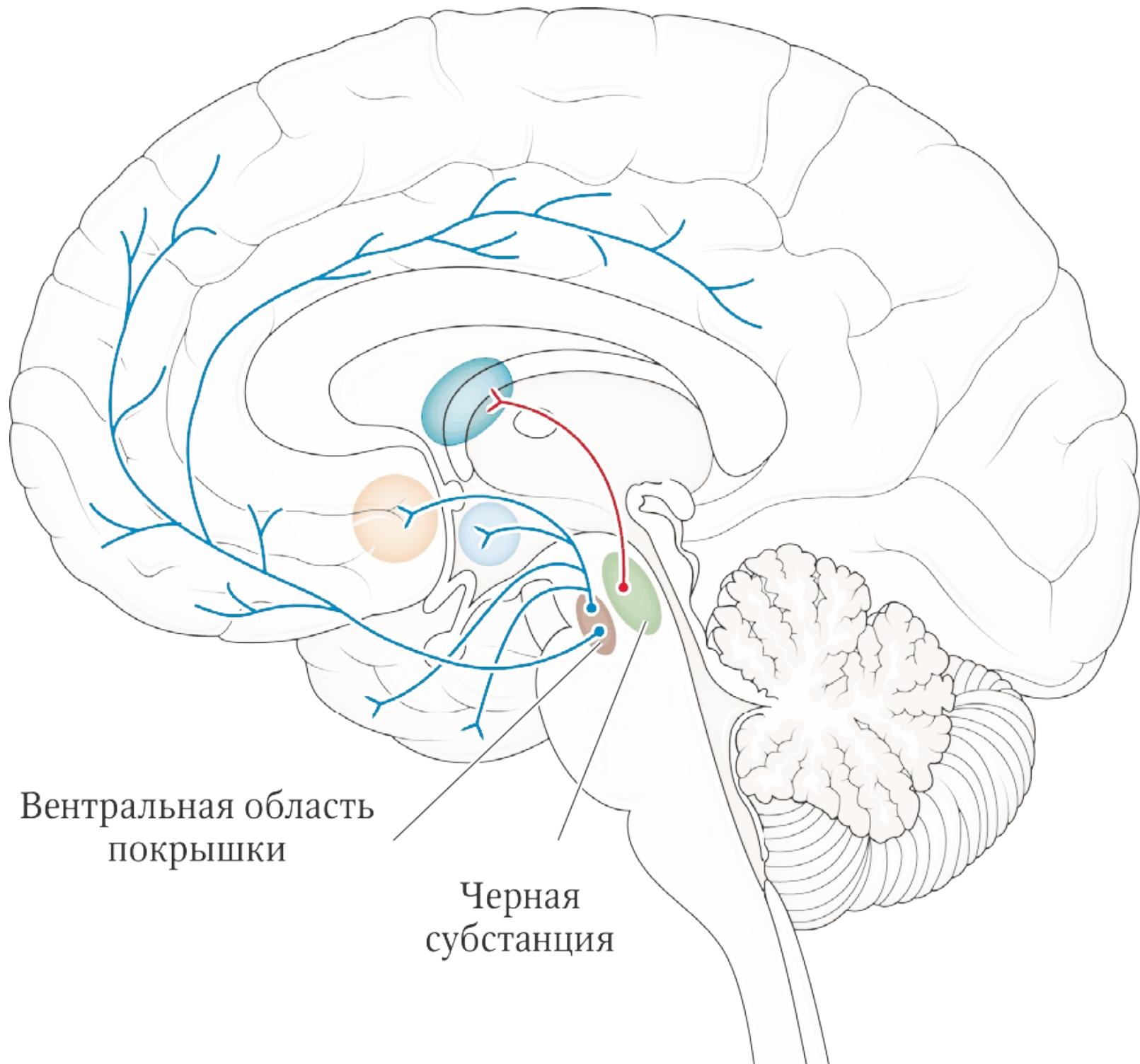
Однако тут есть один интересный поворот: мир сложен, и наша внутренняя похвала не является чем-то постоянным. Оценка окружающего мира непрерывно меняется, поскольку предсказания довольно часто не совпадают с тем, что происходит на самом деле. Ключ к эффективному обучению состоит в отслеживании этой *ошибки предсказания*: разницы между ожидаемым результатом выбора и результатом, полученным в действительности.

В данном случае у моего мозга есть предсказание о том, какое вознаграждение может ждать меня в парке. Если мы встретим там друзей и все обернется лучше, чем я ожидал, в следующий раз это повысит оценку данного варианта. С другой стороны, если нам не повезет и пойдет дождь, в следующий раз моя оценка прогулки в парк будет ниже.

Как же это устроено? В мозгу имеется крошечная древняя система, предназначенная для того, чтобы обновлять оценку окружающего мира. Эта система состоит из маленьких групп клеток в среднем мозге, которые общаются на языке нейротрансмиттера под названием «дофамин».

В случае несоответствия между ожиданиями и реальностью дофаминовая система в среднем мозге передает сигнал, который пересматривает оценку. Сигнал сообщает остальной системе, какой оказалась реальность: лучше ожиданий (усиленный выброс дофамина) или хуже ожиданий (уменьшение выработки дофамина). Сигнал об ошибке предсказания позволяет мозгу скорректировать свои ожидания, чтобы в следующий раз они оказались ближе к реальности. Дофамин действует как корректор ошибок: химический оценщик, который поддерживает оценки максимально актуальными. Таким образом мы получаем возможность расставлять приоритеты на основе оптимизированных догадок о будущем.

Мозг запрограммирован на поиск неожиданных результатов, и эта чувствительность лежит в основе способности животных адаптироваться и обучаться. Поэтому неудивительно, что архитектура мозга, участвующая в обучении на собственном опыте, одинакова у всех видов от пчелы до человека. Это означает, что мозг уже давно открыл основные принципы обучения путем вознаграждения.



Вырабатывающие дофамин нейроны, участвующие в принятии решений, сосредоточены в крошечных областях мозга, которые носят название вентральной области покрышки и черной субстанции. Несмотря на маленький размер, они имеют огромное влияние, обеспечивая корректировку, когда предсказанная ценность выбора оказывается слишком высокой или

СЛИШКОМ НИЗКОЙ.

Сила настоящего

Итак, мы выяснили, каким образом расставляются приоритеты разных вариантов выбора. Но на пути оптимального принятия решений часто возникает и другое препятствие: доступным вариантам мы обычно присваиваем бóльшую ценность, чем тем, которые просто симулируем. Настоящее мешает принять правильное решение относительно будущего.

В 2008 г. американская экономика переживала глубокий спад. В основе неприятностей лежал тот простой факт, что домовладельцы набрали слишком много кредитов. Они брали ссуды под низкий процент, который сохранялся в течение нескольких лет. Проблемы начались по окончании льготного периода, когда процентные ставки повысились. В такой ситуации многие люди оказались не в состоянии выплачивать ипотеку, почти миллион домовладельцев лишились права выкупа недвижимости, и волны экономического шока разошлись по всей планете.

Какое отношение имеет эта катастрофа к соперничающим нейронным сетям мозга? Субстандартные кредиты позволяли людям приобрести чудесный дом прямо сейчас, а высокие проценты отложить на более позднее время. Этот вариант выглядел чрезвычайно привлекательным для нейронных сетей, жаждущих мгновенного удовлетворения, то есть сетей, которые хотят все и сразу. Соблазн мгновенного удовлетворения сильно влияет на наш выбор, и поэтому пузырь на рынке недвижимости можно рассматривать не только как экономическое, но и как нейробиологическое явление.

Разумеется, влияние настоящего не ограничивалось людьми, которые брали ссуды, – ему были подвержены и кредиторы, богатевшие на выдаче явно невозвратных ссуд. Они переформатировали эти ссуды и продавали их. Такая практика считается неэтичной, однако для многих искушение оказалось слишком велико.

Битва настоящего с будущим относится не только к пузырям на рынке недвижимости, а затрагивает все аспекты нашей жизни. Именно поэтому автомобильные дилеры хотят заманить вас на тест-драйв, в магазинах одежды предлагают примерить ту или иную вещь, а продавцы на рынке уговаривают пощупать товар. Мысленные симуляции не могут соперничать с конкретным восприятием здесь и сейчас.

Для мозга будущее может быть лишь бледной тенью настоящего. Сила настоящего объясняет, почему многие из нас принимают решения, выгодные в данный момент, но имеющие печальные последствия в будущем: люди пьют спиртное или принимают наркотики, хотя знают, что делать этого не следует, спортсмены принимают анаболические стероиды, сокращая себе жизнь на несколько лет, а состоящие в браке люди заводят любовную интрижку.

Можем ли мы сопротивляться искушению настоящего? Конечно, можем, и благодарить за это следует конкурирующие системы мозга. Рассмотрим следующий пример: всем известно, что нам трудно заставить себя делать некоторые вещи, скажем, ходить в тренажерный зал. Мы хотим поддерживать хорошую физическую форму, но, когда доходит до дела, находится масса более приятных занятий. Притяжение настоящего сильнее абстрактной идеи будущего

здоровья. Но решение есть: чтобы заставить себя пойти в тренажерный зал, последуйте примеру человека, который жил 3000 лет назад.

Преодолеть силу настоящего: контракт Одиссея

Этот человек столкнулся с экстремальной версией дилеммы тренажерного зала. Он очень хотел кое-что сделать, но знал, что, когда придет время, он не сможет устоять перед искушением. И речь шла не о физической форме, а о сохранении жизни.

Я имею в виду легендарного героя Одиссея, который возвращался домой после победы в Троянской войне. Во время долгого путешествия он понял, что его корабль будет проплывать мимо острова, на котором живут сладкоголосые сирены. Песни их были так прекрасны, что буквально завораживали моряков. Проблема заключалась в том, что моряки были не в силах противиться искушению и плыли к сиренам, разбивая свои корабли о камни.

Одиссею очень хотелось услышать овеянные легендами песни, но он не собирался губить ни себя, ни свой экипаж. В голове у него созрел хитроумный план. Он понимал, что, услышав пение сирен, забудет обо всем и направит корабль на скалы. Проблемой был не нынешний, рассудительный Одиссей, а будущий, иррациональный – человек, которым он станет, когда приблизится к сиренам. Поэтому Одиссей приказал команде крепко привязать его к мачте судна. Его спутники залепили себе уши воском, чтобы не слышать сирен, и взялись за весла, получив от Одиссея приказ не обращать внимания на его проклятия и мольбы.

Одиссей знал, что будет не в состоянии принимать разумные решения. Поэтому рациональная часть его мозга устроила так, чтобы он не смог сделать неверный выбор. Такого рода сделка между тем, кто вы сейчас, и тем, кем станете в будущем, получила название контракта Одиссея.

В случае с тренажерным залом мой контракт Одиссея состоит в том, чтобы договориться с приятелем о совместной тренировке: необходимость держать слово привязывает меня к мачте. Если внимательно присмотреться, то можно увидеть, что контракты Одиссея окружают нас повсюду. Возьмем, например, студентов колледжа, которые меняют пароли в Фейсбуке за неделю до выпускных экзаменов: каждый студент меняет пароль приятеля, так что они не могут зайти на свою страницу в социальной сети до окончания экзаменов. Первый шаг в реабилитационных программах для алкоголиков – убрать все спиртное из дома, чтобы не поддаваться искушению в минуты слабости. Люди с излишним весом иногда соглашаются на операцию по уменьшению объема желудка, чтобы переедание стало физически невозможным. Любопытный вариант контракта Одиссея – устроить так, чтобы нарушенное обещание приводило к пожертвованию определенной суммы на «антиблагодотворительность». Например, женщина, всю жизнь борющаяся за равноправие, выписывает чек на огромную сумму ку-клукс-клану с указанием подруге отправить чек, если она снова начнет курить.

Во всех этих случаях люди принимают меры в настоящем, чтобы исключить неправильное поведение в будущем. Привязывая себя к мачте, мы можем преодолеть искушение настоящего времени. Эта хитрость позволяет нам приблизиться к своему представлению о себе. Суть контракта Одиссея – признать, что в разных ситуациях мы разные. Чтобы делать правильный выбор, важно понимать не только самого себя, но и всех тех, кем мы можем стать.

Невидимые механизмы принятия решений

Понять себя – это лишь часть сражения; необходимо также осознать, что результат подобных сражений не всегда будет одинаковым. Даже в отсутствие контракта Одиссея вам иногда хочется идти в тренажерный зал, а иногда не хочется. Иногда вы в состоянии принять разумное решение, а иногда ваш нейронный парламент голосует за то, о чем вы потом жалеете. Почему так происходит? Дело в том, что результат зависит от множества факторов, отражающих ваше физическое состояние, и эти факторы могут меняться от часа к часу. Возьмем такой пример: два человека, отбывающие тюремное заключение, должны предстать перед комиссией по условно-досрочному освобождению. Один заключенный приходит на комиссию в 11:27. Он приговорен к тридцати месяцам тюрьмы за мошенничество. Второй заключенный предстает перед комиссией в 13:15. У него та же статья и тот же срок.

Первому отказывают в условно-досрочном освобождении, второй выходит на свободу. Почему? Что повлияло на решение комиссии? Национальность? Внешность? Возраст?

В исследовании, проведенном в 2011 г., была проанализирована тысяча решений, принятых судьями; выяснилось, что ни один из перечисленных выше факторов не оказывал решающего влияния. Решающим оказался голод. После обеденного перерыва шансы заключенных досрочно выйти из тюрьмы возрастали до максимальной величины – 65 %. Заключенный, дело которого рассматривалось в конце рабочего дня комиссии, имел всего лишь 20 % шансов на условно-досрочное освобождение.

Другими словами, приоритет решений меняется, когда возрастает значение других потребностей. Оценка зависит от обстоятельств. Судьба заключенного неразрывно связана с нейронными сетями в мозгу судьи, работа которых определяется биологическими потребностями.

Некоторые психологи называют это явление «эго-истощением», имея в виду, что в когнитивных зонах высшего уровня, связанных с функцией организации и планирования (таких, как префронтальная кора), накапливается усталость. Сила воли – ограниченный ресурс, который может заканчиваться, как топливо в бензобаке. В примере с судьями чем больше дел они рассматривали (до тридцати пяти на одном заседании комиссии), тем бóльшую потребность в энергии испытывал их мозг. Но после сэндвича или фруктов запас энергии пополнялся, и в процессе принятия решений большой вес приобретали другие стимулы.

Принято считать, что процесс выбора у людей рационален: они получают информацию, обрабатывают ее и находят оптимальный ответ или решение. Это не соответствует действительности. Даже судьи, которые стараются сохранить беспристрастность, находятся в плену своих биологических потребностей.

Психолог Рой Бамайстер и его коллеги решили разобраться, что же такое сила воли. Добровольцам показали грустный кинофильм. Половине участников эксперимента разрешили реагировать естественным для них образом, а вторую половину попросили сдерживать свои чувства. После фильма им давали ручной эспандер и предлагали сжать его и удерживать как можно дольше. Те, кто во время сеанса сдерживал свои эмоции, сдавались раньше. Почему?

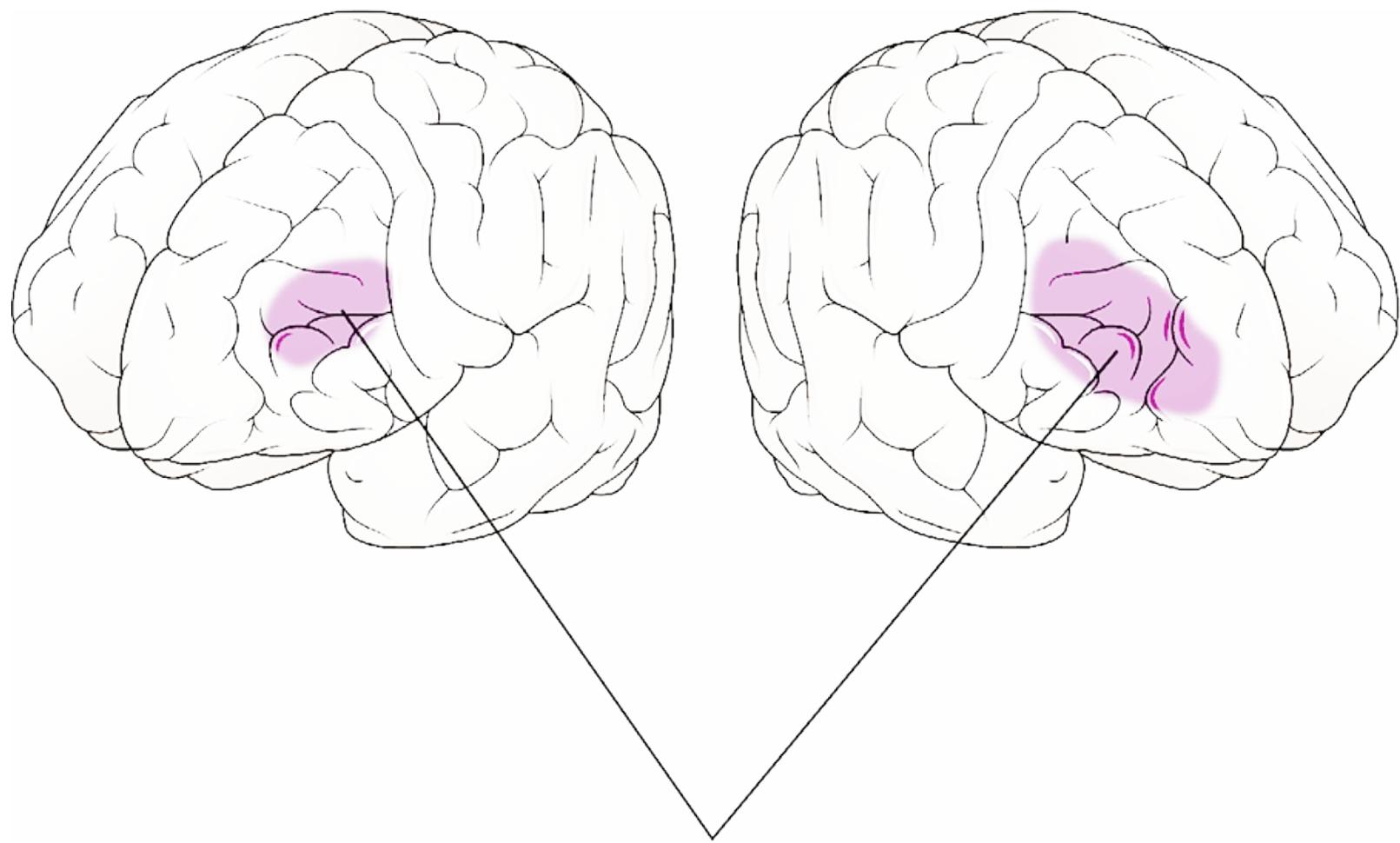
Потому что самоконтроль требует энергии, а это значит, что для следующего задания сил остается меньше. Сопrotивляясь искушению, принимая непростое решение или проявляя инициативу, мы черпаем энергию из одного и того же источника. Поэтому силу воли мы не только тренируем – мы ее также тратим.

Наш выбор подвержен такому же влиянию, когда речь идет о романтических отношениях. Возьмем, например, моногамию – когда мы связываем себя брачными узами с одним партнером и остаемся верными ему. На первый взгляд это решение определяется культурой, ценностями и моралью. Совершенно верно, однако существует и более глубокая сила, влияющая на ваше решение: гормоны. Особенно один из них под названием «окситоцин», главный ингредиент в магии привязанности. В одном из недавних исследований мужчинам, которые имели возлюбленных, вводили небольшую дозу окситоцина. Затем их просили оценить привлекательность разных женщин. В глазах мужчин, получивших дополнительную дозу окситоцина, их любимые становились более привлекательными – в отличие от других женщин. Более того, мужчины увеличивали дистанцию от привлекательной ассистентки, помогавшей проводить эксперимент. Окситоцин усиливал привязанность к партнеру.

Почему химические соединения, такие как окситоцин, заставляют нас сохранять верность партнеру? Ведь с точки зрения эволюции мужчина не должен проявлять склонность к моногамии – его биологическая функция предполагает максимально широкое распространение генов. Но с точки зрения выживания детей двое родителей предпочтительнее одного, и этот простой факт настолько важен, что мозг снабжен невидимыми механизмами принятия решений в данной области.

Сила воли, ограниченный ресурс

Мы тратим много сил, уговаривая себя принять решения, которые кажутся нам правильными. Чтобы не свернуть с пути истинного, мы часто обращаемся к силе воли: внутренней силе, которая позволяет отказаться от пирожного (по крайней мере, от второго пирожного) или работать, когда хочется прогуляться на свежем воздухе. Всем известно, что случается, когда иссякает сила воли: после долгого и трудного дня на работе люди часто делают неверный выбор – например, съедают больше, чем собирались, или смотрят телевизор вместо того, чтобы заняться полезным делом.



Дорсолатеральная префронтальная кора

Дорсолатеральная префронтальная кора активизируется, когда люди, придерживающиеся диеты, выбирают более здоровую пищу из предложенных им нескольких вариантов или когда люди соглашаются на небольшое вознаграждение ради будущей выгоды.

Выбор и общество

Лучшее понимание процесса принятия решений открывает дверь к совершенствованию социальной политики. Например, каждый из нас вынужден сдерживать свои побуждения. Крайний случай – это когда мы становимся рабами своих желаний. Подобный подход позволяет нам лучше понять такое общественное движение, как борьба с наркотиками.

Наркомания – старая проблема общества, следствием которой являются преступность, снижение производительности, психические нарушения, распространение болезней, а последнее время и увеличение числа заключенных. Почти семеро из десяти заключенных злоупотребляют алкоголем или наркотиками или относятся к категории алкоголиков и наркоманов. В одном из исследований показано, что 35,6 % осужденных в момент совершения преступления находились под воздействием наркотиков. Ущерб от наркомании исчисляется десятками миллиардов долларов, по большей части от преступлений, связанных с наркотиками.

Большинство стран противодействуют наркомании путем ее криминализации. Несколько десятилетий назад в американских тюрьмах находилось 38 000 заключенных, которые были осуждены за преступления, связанные с наркотиками. Сегодня таких полмиллиона человек. На первый взгляд это можно считать успехом в войне с наркотиками, однако массовые тюремные заключения не ослабили наркоторговлю. Дело в том, что большинство оказавшихся за решеткой людей – отнюдь не главари картелей, мафиозные доны или крупные дилеры. Как правило, их посадили за хранение небольших доз наркотиков, обычно меньше двух граммов. Это потребители, наркоманы. Тюрьма не решит их проблему, а скорее усугубит ее.

В США осужденных за преступления, связанные с наркотиками, больше, чем всех заключенных в Европейском союзе. Беда в том, что тюремное заключение запускает дорогостоящий и жестокий цикл рецидива и возвращения в тюрьму. Человек теряет социальные связи, не может устроиться на работу, а взамен приобретаются другие связи и другая работа, обычно связанная с распространением наркотиков.

Соединенные Штаты ежегодно тратят 20 миллиардов долларов на борьбу с наркотиками, а весь мир – более 100 миллиардов, но эти вложения не приносят результата. С тех пор как началась война, масштаб наркоторговли вырос. Почему затраты оказались бесполезными? Проблема с распространением наркотиков состоит в том, что она похожа на воздушный шар, наполненный водой: надавливаешь в одном месте, выпуклость появляется в другом. Эффективнее было бы атаковать не распространение, а потребление. Тяга к наркотикам живет в мозгу наркомана.

Существует мнение, что наркомания связана с бедностью и давлением со стороны членов своего круга. Конечно, эти факторы имеют значение, но суть проблемы кроется в биологии мозга. В лабораторных экспериментах крысы, получившие возможность самостоятельно вводить себе наркотик, раз за разом нажимали рычаг, забыв о еде и питье. Поведение крыс определялось не деньгами и не социальным принуждением. Дело в том, что наркотики используют фундаментальную систему вознаграждения мозга. В сущности, наркотики

доказывают мозгу, что данное решение лучше всех остальных. В битву могут вступить и другие нейронные сети, представляющие самые разные причины сопротивляться наркотикам, однако у наркомана побеждает сеть, жаждущая наркотика. Большинство наркоманов хотят избавиться от пагубной зависимости, но не могут этого сделать. В конечном итоге они становятся рабами своих желаний.

Поскольку проблема наркомании гнездится в мозгу, то ее решение логично искать там же. Один из подходов – попытаться восстановить баланс в системе контроля импульсов. Это может быть достигнуто неотвратимостью и быстротой наказания – например, обязать лиц, совершивших преступления, связанные с наркотиками, дважды в неделю проходить тест на наркотики с автоматическим помещением в тюрьму, если тест окажется положительным, – а не надеждой на отдаленные абстрактные последствия. Точно так же некоторые экономисты связывают снижение преступности в США в начале 1990-х гг. с увеличением числа полицейских на улице. На языке мозга вид полиции стимулирует нейронные цепи, которые учитывают отдаленные последствия.

В нашей лаборатории исследуется другой потенциально эффективный подход. При помощи нейровизуализации мы обеспечиваем обратную связь в реальном времени, позволяя кокаиновым наркоманам наблюдать за активностью своего мозга и учиться регулировать ее.

Познакомьтесь с одной из наших испытуемых, Карен. Она умна, общительна и в свои пятьдесят лет сохранила юношескую энергию. Она употребляет кокаин больше двадцати лет и говорит, что наркотик разрушил ее жизнь. Увидев перед собой дозу, она не в силах отказаться от нее. В экспериментах, которые проводятся у нас в лаборатории, мы сканируем мозг Карен (при помощи функционального магниторезонансного сканера). Мы показываем ей изображение крэка и просим ее не сопротивляться тяге к наркотику. Для Карен это простая задача, и в ее мозгу активизируются определенные зоны, которые мы обозначили как сеть желаний. Затем мы просим ее подавлять желание. Она должна думать о том, чего стоило ей пристрастие к кокаину с точки зрения материальных потерь, отношений с людьми, работы. Эта задача активизирует другие зоны мозга, которые мы назвали сетью подавления. Сети желания и подавления всегда борются за власть, и победившая сеть определяет, что будет делать Карен, когда ей предложат наркотик.

С помощью программы обработки изображений сканера мы можем измерить, что побеждает: сиюминутное мышление сети желания или долгосрочное планирование управления импульсами или сети подавления? Мы предлагаем Карен зрительную обратную связь в реальном времени в виде прибора со стрелкой. Если побеждает желание, стрелка находится в красной зоне; если желание удастся подавить, стрелка перемещается в синюю зону. Карен может использовать разные подходы, чтобы понять, как обеспечить баланс сил между этими сетями.

В процессе тренировок Карен учится понимать, что ей нужно делать, чтобы управлять стрелкой. Она не обязательно осознает, как это получается, но тренировки позволяют ей усилить нейронную сеть подавления желаний. Эта методика еще пребывает в зачаточном состоянии, но мы надеемся, что, когда Карен в следующий раз предложат крэк, в ее распоряжении будут когнитивные инструменты, чтобы преодолеть тягу к наркотику. Эти

упражнения не заставляют Карен вести себя определенным образом, а просто дают возможность управлять выбором, а не быть рабом своих желаний.

Наркоманией страдают миллионы людей. Но тюрьмы не решат этой проблемы. Вооружившись знаниями о том, как принимает решение мозг человека, мы можем разработать новые подходы, не связанные с наказанием. Понимание того, что происходит у нас в мозгу, позволит приблизить наше поведение к нашим благим намерениям.

Знание процесса принятия решений способно улучшить систему уголовного права в целом, а не только в том, что связано с наркотиками, – мы можем применять более гуманные и не такие дорогостоящие методы. Как это могло бы выглядеть? Прежде всего, упор на реабилитацию, а не на массовую изоляцию от общества. Похоже на иллюзию, однако в некоторых местах такой подход уже используется, причем очень успешно. Одно из таких заведений – центр Мендота по работе с несовершеннолетними заключенными в Мэдисоне, штат Висконсин.



Одни нейронные сети мозга связаны с желанием (красные), другие с подавлением искушения (синие). При помощи нейровизуализации мы измеряем уровень активности в этих двух сетях и предлагаем испытуемому зрительную обратную связь, которая отражает их успехи в битве с наркотиком.

Многие подростки от двенадцати до семнадцати лет, содержащиеся в центре Мендота, совершили преступления, которые караются пожизненным заключением. Отсюда у них есть возможность выйти на свободу. Для многих детей это последний шанс. Программа была принята в начале 1990-х гг., чтобы выработать новый подход к работе с подростками, с которыми не справилась система. Особое внимание уделялось молодому, развивающемуся мозгу. Как было показано в главе 1, пока у человека полностью не сформируется префронтальная кора головного мозга, решения зачастую принимаются импульсивно, без

глубокой оценки будущих последствий. В Мендоте именно этот аспект стал основой метода реабилитации. Чтобы помочь подросткам улучшить самоконтроль, программа предлагает систему менторства, консультаций и поощрений. Очень важно научить подростков останавливаться и обдумывать отдаленные последствия, прежде чем делать любой выбор, то есть представлять, что может произойти. Таким образом укрепляются нейронные связи, которые способны преодолеть стремление к немедленному вознаграждению.

Слабый контроль за своими импульсами – это характерная черта большинства преступников, сидящих в тюрьме. Многие люди, нарушившие закон, обычно понимают разницу между правильными и неправильными действиями и осознают угрозу наказания, но страдают от невозможности контролировать свои импульсы. Они видят пожилую женщину с дорогой сумочкой, но не делают паузу, чтобы обдумать свои действия, а просто используют подвернувшуюся возможность. Искушение оказывается сильнее любых опасений за будущее.

Сегодняшняя система наказания основана на персональной ответственности и вине, тогда как Мендота экспериментирует с альтернативами. В обществе глубоко укоренилось стремление к наказанию преступников, однако можно представить и другую систему уголовного права – такую, которая опирается на знание процесса принятия решений. Такая система никому не позволит избежать наказания, но будет больше заботиться о будущем нарушителей закона, а не списывать их со счетов из-за преступного прошлого. Тех, кто нарушает общественные договоренности, необходимо убрать с улиц ради безопасности общества, но то, что происходит в тюрьме, должно быть направлено не только на возмездие, но также на конструктивную, значимую реабилитацию.

Принятие решений – это основа всего, определяющая, кто мы, что мы делаем, как воспринимаем окружающий мир. Без способности оценивать альтернативы мы были бы заложниками наших основных инстинктов. Мы не могли бы эффективно ориентироваться в настоящем или планировать будущее. Несмотря на целостность личности, мышление каждого человека состоит из множества соперничающих побуждений. Понимая, как разные варианты выбора сражаются в нашем мозгу, мы можем научиться принимать правильные решения для себя и для общества.

5. Кто мне нужен?

Что нужно мозгу, чтобы нормально функционировать? Кроме питательных веществ, которые поступают с пищей, кроме кислорода, который мы вдыхаем, и воды, которую пьем, есть кое-что еще, не менее важное: другие люди. Нормальная работа мозга зависит от социальной сети, которая нас окружает. Для выживания и благоденствия нейронам требуются нейроны других людей.

Мы наполовину состоим из других людей

Сегодня на планете насчитывается больше семи миллиардов человеческих мозгов. Мы привыкли чувствовать себя независимыми, но мозг каждого человека работает в тесном взаимодействии с другими – таком тесном, что мы вправе рассматривать достижения нашего биологического вида как результат действий одного гигантского, непрерывно меняющегося организма.

Как правило, каждый мозг изучают отдельно, но такой подход не учитывает тот факт, что огромное количество нейронных сетей в мозгу имеют отношение к мозгу других людей. Мы в высшей степени общественные существа. Наше общество построено на многочисленных слоях сложных социальных взаимодействий – с семьей, друзьями, сослуживцами, партнерами по бизнесу и т. д. Вокруг нас постоянно завязываются и рвутся личные отношения, семейные связи, контакты в социальных сетях; нас непреодолимо влечет к созданию союзов.

Все эти социальные связи генерируются переделенными цепями в мозгу: разветвленными нейронными сетями, которые следят за другими людьми, общаются с ними, чувствуют их страдания, оценивают намерения и понимают их эмоции. Наши социальные навыки глубоко укоренены в нейронных сетях, и изучение этих сетей является основой молодой науки, которая называется социальной нейробиологией.

Возьмем такие разные объекты, как кролики, поезда, чудовища, самолеты и детские игрушки. Несмотря на все свои отличия, они могут быть главными героями популярных мультфильмов, и мы без труда приписываем им те или иные намерения. Мозгу зрителя достаточно нескольких намеков, чтобы считать персонажей похожими на нас, – именно поэтому мы можем смеяться или плакать над их проделками.

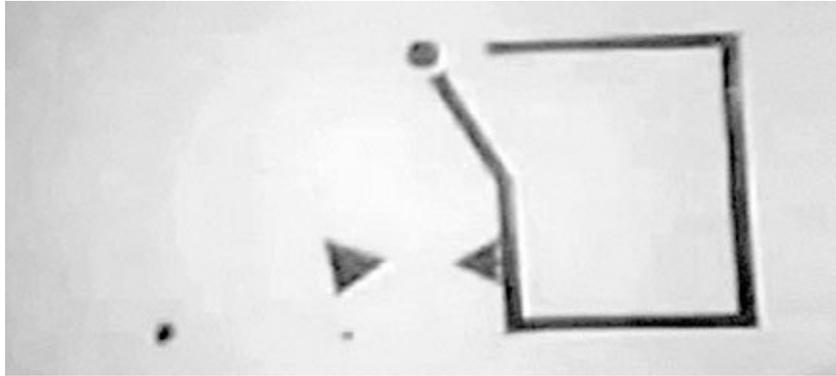
Склонность приписывать намерения неодушевленным предметам продемонстрирована в короткометражном фильме, снятом в 1944 г. Фрицем Хайдером и Марианной Зиммель. Две простые фигуры – треугольник и круг – сближаются и вертятся друг возле друга. Через секунду появляется треугольник большего размера. Он сталкивается с маленьким треугольником и теснит его. Круг возвращается в прямоугольное сооружение и закрывается там; тем временем большой треугольник прогоняет маленький.

Затем большой треугольник угрожающе приближается к двери сооружения. Он распахивает дверь и начинает преследовать круг, который лихорадочно (и безуспешно) пытается убежать от него. В тот момент, когда положение круга становится безвыходным, возвращается маленький треугольник. Он открывает дверь, и круг выскакивает наружу. Вместе они закрывают дверь, так что большой треугольник оказывается запертым внутри. Не находя выхода, большой треугольник разбивает стены. Снаружи маленький треугольник и круг снова вертятся друг возле друга.

Можно предположить, что люди, посмотревшие этот фильм и описывающие увиденное, расскажут о движении простых геометрических фигур. В конце концов, они видели просто круг и два треугольника, координаты которых менялись.

Но зрители рассказывали совсем другое. Они видели на экране любовную историю, столкновение, преследование, победу. Хайдер и Зиммель использовали этот мультфильм,

чтобы продемонстрировать, с какой готовностью мы приписываем своему окружению социальные цели.



Людей непреодолимо влечет составить связный рассказ о движущихся фигурах.

У нас перед глазами движущиеся геометрические фигуры, но мы находим в них смысл, мотивы и чувства – все это в форме социальной картины. Мы произвольно сочиняем истории. С незапамятных времен люди наблюдали за полетом птиц, за движением звезд, за качающимися деревьями и сочиняли разные истории, приписывая намерения неодушевленным объектам.

Придумывание историй не случайность или каприз, а важный ключ к пониманию работы нейронных сетей. Эта особенность раскрывает, до какой степени наш мозг запрограммирован на социальное взаимодействие. Как бы то ни было, наше выживание зависит от способности быстро отличить друга от врага. Мы ориентируемся в обществе, оценивая намерения других людей. Пытается ли она мне помочь? Нужно ли мне за него волноваться? Должен ли я их опасаться?

Наш мозг постоянно дает оценку социальной обстановке. Вопрос в том, постигаем ли мы это искусство на собственном опыте или уже рождаемся такими? Ответ нам могут дать дети. Воспроизводя эксперимент психологов Кили Хэмлин, Карен Уинн и Пола Блума из Йельского университета, я по одному приглашал малышей на кукольный спектакль.

Этим детям меньше года, и они только начинают познавать окружающий мир. Жизненного опыта у них почти нет. Они сидят на коленях матери и смотрят спектакль. Занавес поднимается, и на сцене появляется утка, которая хочет открыть коробку с игрушками. Утка пытается ухватить крышку, но у нее ничего не выходит. За ней наблюдают два медведя в рубашках разного цвета.



Даже маленькие дети оценивают намерения окружающих, что продемонстрировал кукольный спектакль.

Через несколько секунд один из медведей помогает утке – берется за крышку с другой стороны, и коробка открывается. Медведь и утка радостно обнимаются, и крышка снова захлопывается.

Затем утка опять пытается открыть коробку. Второй медведь ложится на крышку, мешая утке поднять ее.

На этом представление заканчивается. В короткой сценке без слов один медведь помогал утке, а другой мешал.

Когда занавес опускался, а затем снова поднимался, я брал обоих медведей, приносил малышу, который смотрел спектакль, и предлагал выбрать одну из игрушек. Интересно, что, как и в эксперименте исследователей из Йельского университета, почти все дети выбирали доброго медведя. Малыши не умели ни ходить, ни говорить, но уже были способны оценивать других.

Распространено мнение, что доверчивость – это приобретенное качество, основанное на многолетнем опыте. Но простые эксперименты, подобные описанному выше, демонстрируют, что даже в раннем детстве у нас имеется нечто вроде социальной антенны, которая помогает ориентироваться в окружающем мире. Мозг обладает врожденным инстинктом, позволяющим определять, кому можно верить, а кому нет.



Дети выбирают доброго медведя.

Слабые сигналы из окружающего мира

По мере того как мы растем, социальные вызовы становятся менее определенными и более сложными. Приходится интерпретировать не только слова и действия, но также интонацию, выражение лица, язык тела. Сознание концентрируется на обсуждаемой теме, а бессознательные механизмы заняты обработкой сложной информации. Этот процесс до такой степени автоматизирован, что практически незаметен.

Зачастую лучший способ понять ценность чего-либо – это посмотреть, как будет выглядеть мир без него. Человеку по имени Джон Робинсон обычная социальная активность мозга была попросту незнакома. Другие дети отвергали и задирали его, и он полюбил машины. Сам Робинсон вспоминал о том, что он с удовольствием проводил время с трактором, который его не дразнил. «Думаю, дружить с машинами я научился раньше, чем с людьми», – говорит он.

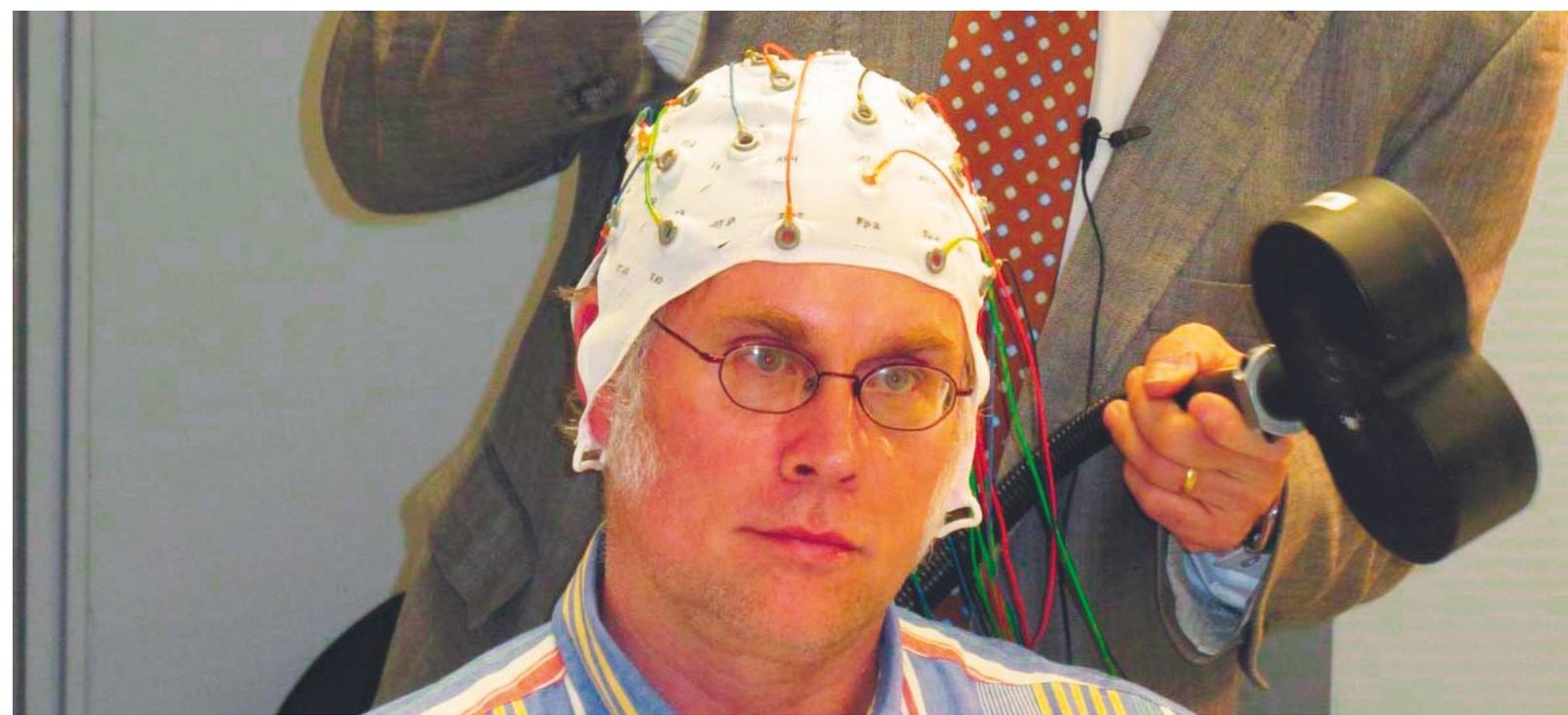
Со временем любовь Джона к технике дала ему то, о чем его преследователи могли только мечтать. В двадцать один год он входил в число технического персонала группы KISS. Но даже окруженный легендами рок-н-ролла, он оставался непохожим на других. Люди спрашивали его о разных музыкантах, о том, какие они, а Джон описывал, как они играли одну композицию, последовательно соединив семь усилителей. Он рассказывал о системе басов мощностью 2200 ватт, мог наизусть перечислить все усилители и их частоты, но ничего не мог сообщить о музыкантах, которые пользовались этими усилителями. Он жил в мире техники и музыкальной аппаратуры. И лишь в сорок лет у Джона диагностировали синдром Аспергера, одну из форм аутизма.

Затем произошло событие, изменившее жизнь Джона Робинсона. В 2008 г. его пригласили принять участие в эксперименте, который проводился в Гарвардской медицинской школе. Группа исследователей под руководством доктора Альваро Паскуаль-Леоне использовала транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС), чтобы выяснить, как активность в одной области мозга влияет на активность в другой. При ТМС у поверхности головы генерируется сильный магнитный импульс, который, в свою очередь, индуцирует в мозгу слабый электрический ток, временно нарушая активность на данном участке. Цель эксперимента состояла в том, чтобы помочь исследователям лучше понять мозг аутиста. С помощью ТМС ученые воздействовали на разные зоны мозга Джона, участвующие в когнитивных функциях высшего порядка. Сначала Джон не ощущал никакого эффекта от стимуляции, но во время одного из сеансов исследователи воздействовали ТМС на дорсолатеральную префронтальную кору, самую новую с эволюционной точки зрения часть мозга, которая вовлечена в гибкое абстрактное мышление. Джон почувствовал, как в нем что-то изменилось.



Аутизм

Аутизм – это нарушение развития головного мозга, которое встречается приблизительно у 1 % населения. Среди его причин можно назвать как генетические факторы, так и воздействие окружающей среды. В последние годы наблюдается рост числа людей, у которых диагностировано это нарушение, однако причины роста не ясны. При отсутствии аутизма в поиске социальных сигналов, указывающих на чувства и мысли других людей, участвуют разные зоны мозга. При аутизме эта активность понижена, что приводит к ослаблению социальных навыков.



Джон Робинсон в шапочке для электроэнцефалографии (ЭЭГ) перед сеансом ТМС.

Он позвонил доктору Паскуаль-Леоне и сообщил, что стимуляция словно что-то «разблокировала» у него в голове, причем эффект сохранялся и после окончания эксперимента. Для Джона открылось окно в новый для него социальный мир. Раньше он просто не понимал, что лица других людей могут о чем-то говорить, но благодаря эксперименту получил доступ к этой информации. Его восприятие мира изменилось. Паскуаль-Леоне ему не поверил. Он полагал, что, если воздействие действительно имело место, оно могло сохраняться несколько минут или часов – именно столько обычно длится остаточный эффект ТМС. Теперь же Паскуаль-Леоне допускает, что стимуляция могла коренным образом изменить Джона, хотя и не понимает, что именно произошло.

В социальной области зрение Джона превратилось из черно-белого в цветное. Теперь он видит канал коммуникации, о существовании которого не подозревал. Случай с Джоном Робинсоном не только дает надежду найти средство против такой болезни, как аутизм. Он раскрывает значение бессознательных механизмов социального взаимодействия, которые не выключаются ни на секунду на протяжении всей нашей жизни – нейронные сети в мозгу непрерывно расшифровывают чувства других людей, используя слабые сенсорные сигналы, такие как выражение лица, интонация и т. д.

«Я знал, что люди могут проявлять признаки безумного гнева, – говорит Джон. – Но если бы вы спросили о более тонких материях, например «Ты мне нравишься», «Интересно, что ты скрываешь», «Мне этого очень хочется» или «Хорошо бы ты это сделал», – то я понятия не имел о таких вещах».

Каждую секунду нашей жизни нейронные цепи мозга расшифровывают эмоции окружающих, используя почти незаметные мимические сигналы. Чтобы лучше понять, как нам удастся быстро и автоматически распознавать выражение лица, я пригласил в свою лабораторию группу людей, предложив им участвовать в эксперименте. Мы прикрепляли к их

лицу два электрода – один на лбу, другой на щеке, – чтобы измерять небольшие изменения. Затем показывали им фотографии других людей.

Когда испытуемые смотрели на фотографию человека, который улыбался или хмурился, мы регистрировали всплески электрической активности, свидетельствовавшие о движении лицевых мышц, зачастую очень слабым. Это явление называется зеркальным отражением: люди автоматически копируют выражение лиц, на которые смотрели. Реакцией на улыбку была улыбка, даже если движение лицевых мышц испытуемых было очень слабым и незаметным глазу. Люди подражают друг другу, даже не подозревая об этом.



Слабое движение лицевых мышц можно измерить с помощью электромиограммы (ЭМГ).

Зеркальное отражение проливает свет на один странный факт: люди, долгое время состоящие в браке, становятся похожими друг на друга, и чем дольше они живут вместе, тем сильнее этот эффект. Исследования позволяют предположить, что причина не просто в схожей одежде и прическе, а также и в том, что супруги столько лет копируют выражение лиц друг друга, что у них появился одинаковый рисунок морщин.

Почему мы копируем других людей? Преследуем ли мы при этом какую-то цель? Чтобы выяснить это, я пригласил в лабораторию вторую группу добровольцев для проведения такого же эксперимента. Разница между группами заключалась в том, что люди из второй группы подверглись воздействию самого сильного яда на нашей планете. Если вы проглотите несколько капель этого нейротоксина, ваш мозг не сможет управлять мышцами, и вы умрете от паралича (в частности, диафрагма останется неподвижной, и вы просто задохнетесь). Учитывая эти факты, представляется маловероятным, что люди согласятся на укол этого вещества. Но они соглашаются. Это ботулотоксин, получаемый из бактерий и известный под торговой маркой «ботокс». При введении в мышцы лица он парализует их, препятствуя образованию морщин.

Помимо косметического эффекта у ботокса имеется еще один, менее известный побочный эффект. Мы демонстрировали второй группе те же фотографии. Миограмма показывала, что их лицевые мышцы реагируют слабее. Это неудивительно, поскольку они были намеренно ослаблены. Удивительным оказался другой факт, о котором впервые сообщили в 2011 г. Дэвид Нил и Таня Чартрэнд. Повторяя их эксперимент, я попросил испытуемых из обеих групп посмотреть на лица с тем или иным выражением и выбрать одно из четырех слов, наилучшим образом характеризующее данную эмоцию.

В среднем «ботоксная» группа хуже различала эмоции на снимках. Почему? Одна из гипотез заключается в том, что отсутствие обратной связи в виде реакции лицевых мышц ухудшает способность понимать выражение лица другого человека. Всем известно, что неподвижные лица тех, кто пользуется ботоксом, затрудняют распознавание их чувств; удивительно то, что те же парализованные мышцы мешают им понимать других людей.

унылый

расслабленный



смущенный

взволнованный

В тесте «Чтение мыслей по глазам» (Барон-Козн и др., 2001) испытуемым показывали 36 фотографий с разными выражениями лиц, каждая из которых сопровождалась четырьмя словами.

Результат можно интерпретировать так: мои лицевые мышцы отражают то, что я чувствую, а ваши нейронные сети это используют. Когда вы пытаетесь понять, что я чувствую, то повторяете выражение моего лица. Все происходит помимо вашей воли – быстро и неосознанно, – но автоматическое зеркальное отражение моего лица помогает мгновенно понять мои возможные эмоции. Это полезный трюк, к которому прибегает ваш мозг, чтобы лучше понять меня и сделать более точные предсказания о моих действиях. Но, как выясняется, это лишь одна из множества подобных хитростей.

Радости и печали сочувствия

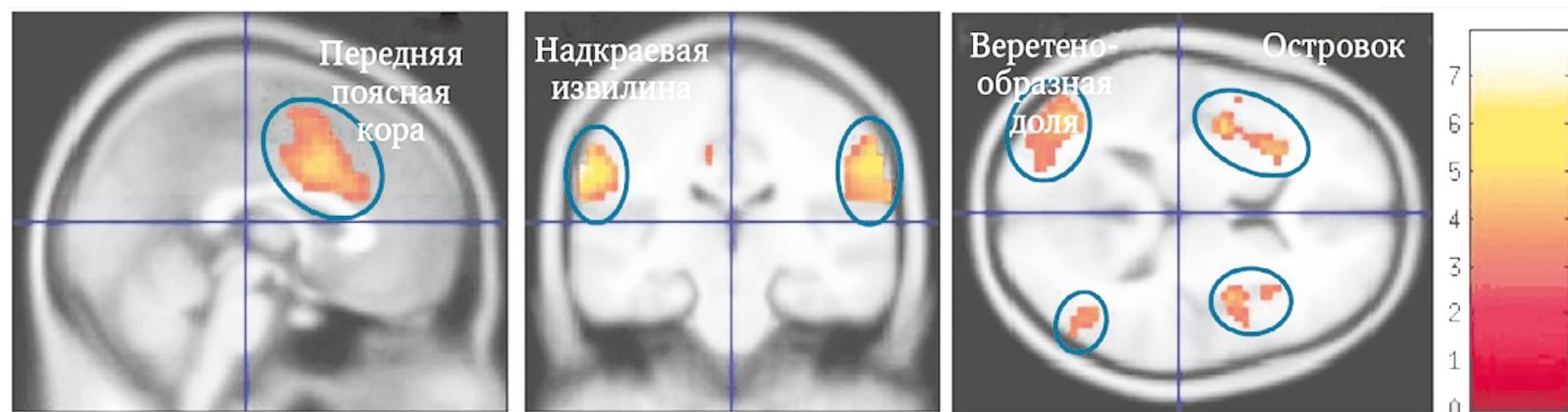
Мы ходим в кино, чтобы убежать в другой мир – мир любви, страданий, приключений и страха. Но герои и злодеи в нем – всего лишь изображения актеров на плоском экране. Почему же нас так волнует все происходящее с этими недолговечными призраками? Почему фильмы заставляют нас смеяться, плакать, вскрикивать от страха?

Чтобы понять, почему мы переживаем за актеров, начнем с того, что происходит в мозгу человека, который испытывает боль. Представьте, что кто-то втыкает вам в руку иглу от шприца. Единой области, реагирующей на сигналы боли, в мозгу нет, в таких случаях активизируются несколько участков, которые работают согласованно. Эта сеть называется матрицей боли.

Удивительно другое: матрица боли очень важна для связи с другими людьми. Если на ваших глазах причиняют боль другому, ваша матрица боли тоже активизируется, но не те участки, которые сообщают о прикосновении, а те, которые вовлечены в эмоциональное восприятие боли. Другими словами, наблюдение за страданиями других и собственная боль используют один и тот же нейронный механизм. На этом основано сочувствие.

Проникнуться чувствами другого человека – это в буквальном смысле почувствовать его боль. Вы создаете убедительную симуляцию того, что произошло бы, попади вы сами в такое положение. Именно способность к сочувствию объясняет, почему истории вроде фильмов и романов так увлекают нас и занимают такое место в человеческой культуре. Будь то абсолютно незнакомые люди или придуманные персонажи, вы все равно переживаете их страдания и восторги. Вы временно становитесь ими, живете их жизнью, смотрите на все их глазами. Когда вы видите страдающего человека, то можете попробовать убедить себя, что это его проблема, а не ваша, но нейроны в вашем мозгу с вами не согласны.

Врожденная способность чувствовать чужую боль отчасти объясняет, почему мы умеем поставить себя на место другого человека. Но зачем нам это нужно? С точки зрения эволюции эмпатия – полезное свойство: лучше понимая чувства других, мы точнее предсказываем их действия.



Матрицей боли называют несколько участков мозга, которые активизируются, когда вы испытываете боль. Большая часть этих участков также активизируется, если вы видите другого человека, страдающего от боли.

Однако точность эмпатии ограничена, и во многих случаях мы просто проецируем на других свои эмоции. Возьмем, к примеру, случай Сьюзен Смит из Северной Каролины, которой в 1994 г. сочувствовала вся страна, когда женщина сообщила, что вооруженный мужчина захватил машину, в которой сидели ее сыновья. Девять дней она выступала по национальному телевидению, умоляя спасти и вернуть мальчиков. Незнакомые люди со всех концов страны предлагали ей помощь и поддержку. В конечном счете Сьюзен призналась в убийстве своих детей. Все поверили рассказу о вооруженном угонщике, поскольку поступок женщины предсказать было невозможно – такое не укладывалось в голове. Оглядываясь назад, мы понимаем, что там все было ясно с самого начала, однако люди этого не видели, потому что мы обычно судим других по себе и приписываем им свою способность совершить тот или иной поступок.

Мы невольно подражаем другим людям, вступаем с ними в контакт и волнуемся за них, потому что запрограммированы на социальное поведение. В связи с этим возникает вопрос: зависит ли наш мозг от социального взаимодействия? Что случится, если его лишить контакта с людьми?

В 2009 г. активистка движения за мир Сара Шурд с двумя товарищами путешествовала в горах на севере Ирака – в то время это был мирный регион. По совету местных жителей они решили посмотреть водопад Ахмед-Ава. К несчастью, водопад находится на границе с Ираном. Путешественников арестовали иранские пограничники, посчитав их американскими шпионами. Мужчин поместили в одну камеру, а Сару отделили от них и содержали отдельно. Следующие 410 дней она провела в одиночной камере – два раза в день ее выводили на получасовую прогулку.

Вот что рассказывает сама Сара:

В первые недели и месяцы одиночного заключения вы превращаетесь в животное. Я имею в виду животное в клетке – большую часть времени вы ходите туда-сюда. В конечном счете животное состояние сменяется растительным: мышление замедляется, и мысли начинают повторяться. Мозг набрасывается сам на себя и становится источником самых жестоких страданий и пыток. Я заново пережила всю свою жизнь, но в конечном итоге воспоминания заканчиваются. Вы уже много раз их рассказывали самому себе. И это не занимает много времени.



31 июля 2009 г. американцы Джошуа Фэттэл, Сара Шурд и Шейн Бауэр попали в иранскую тюрьму после прогулки к водопаду вблизи ирано-иракской границы.

Социальная депривация вызвала сильный психологический стресс; без взаимодействия с другими людьми мозг страдает. Во многих странах одиночное заключение запрещено именно потому, что люди давно осознали, какой вред наносит лишение одного из самых важных аспектов человеческой жизни – взаимодействия с другими людьми. У Сары, лишенной контакта с миром, довольно быстро появились галлюцинации:

В определенное время через окно в камеру проникал солнечный луч. Солнце освещало маленькие пылинки внутри. Я воспринимала эти частицы как другие человеческие существа, населяющие нашу планету. Они находились в гуще жизни, общались друг с другом, сталкивались друг с другом. Они что-то делали вместе. А я была отделена от них. Выброшена из потока жизни.

В сентябре 2010 г., проведя больше года в тюрьме, Сара вышла на свободу и снова влилась в общество. Но травма оказалась глубокой: девушка страдала от депрессии и легко впадала в панику. Через год она вышла замуж за Шейна Бауэра, товарища по несчастью. Сара говорит, что они с Шейном умеют успокоить друг друга, но это не всегда легко: у обоих остались глубокие эмоциональные шрамы.

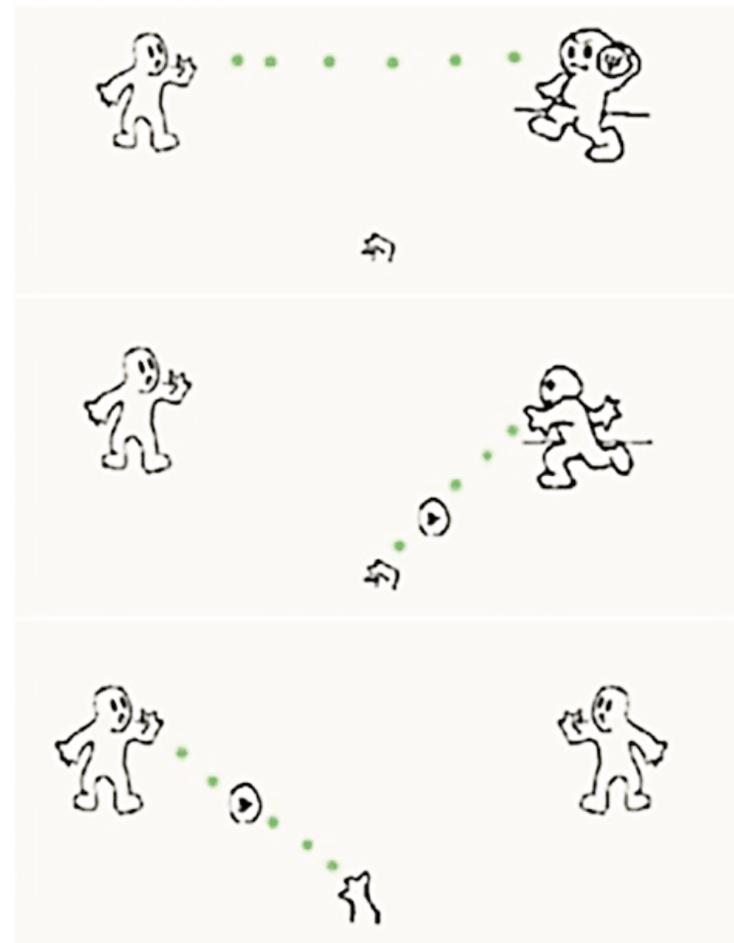
Философ Мартин Хайдеггер предложил говорить не о «существовании» человека, а о «существовании в мире». Это был способ подчеркнуть, что окружающий мир в значительной степени определяет нас самих. Личность не существует в вакууме.

Ученые и врачи имеют возможность наблюдать, что происходит с человеком в одиночном заключении, однако провести непосредственные исследования мозга довольно сложно. Как бы то ни было, эксперимент нейробиолога Наоми Эйзенбергер дает представление о том, что происходит в мозгу в сходной, но менее жесткой ситуации – когда нас исключают из группы.

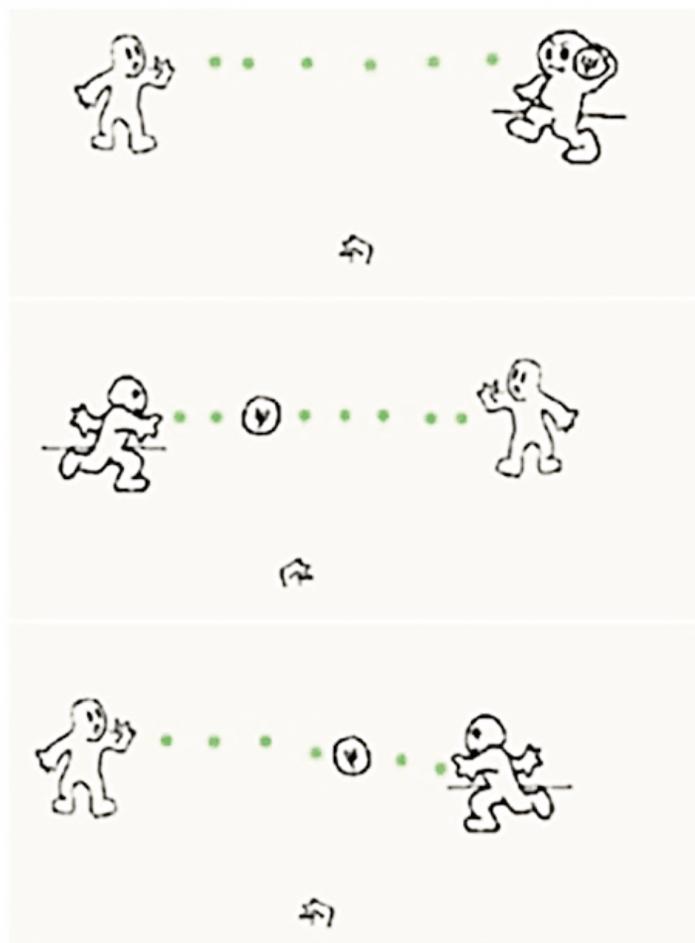
Представьте, что вы перебрасываетесь мячом с двумя другими людьми, и в какой-то момент вас исключают из игры: двое других бросают мяч друг другу, но не вам. В основе эксперимента Эйзенбергер лежит простой сценарий. Она предложила добровольцам простую компьютерную игру, в которой их персонаж играет в мяч с двумя партнерами. Участникам

эксперимента говорили, что другими игроками тоже управляют люди, но на самом деле их действия определяла компьютерная программа. Поначалу все шло гладко, но через какое-то время два других игрока выводили добровольца из игры и просто перебрасывали мяч друг другу.

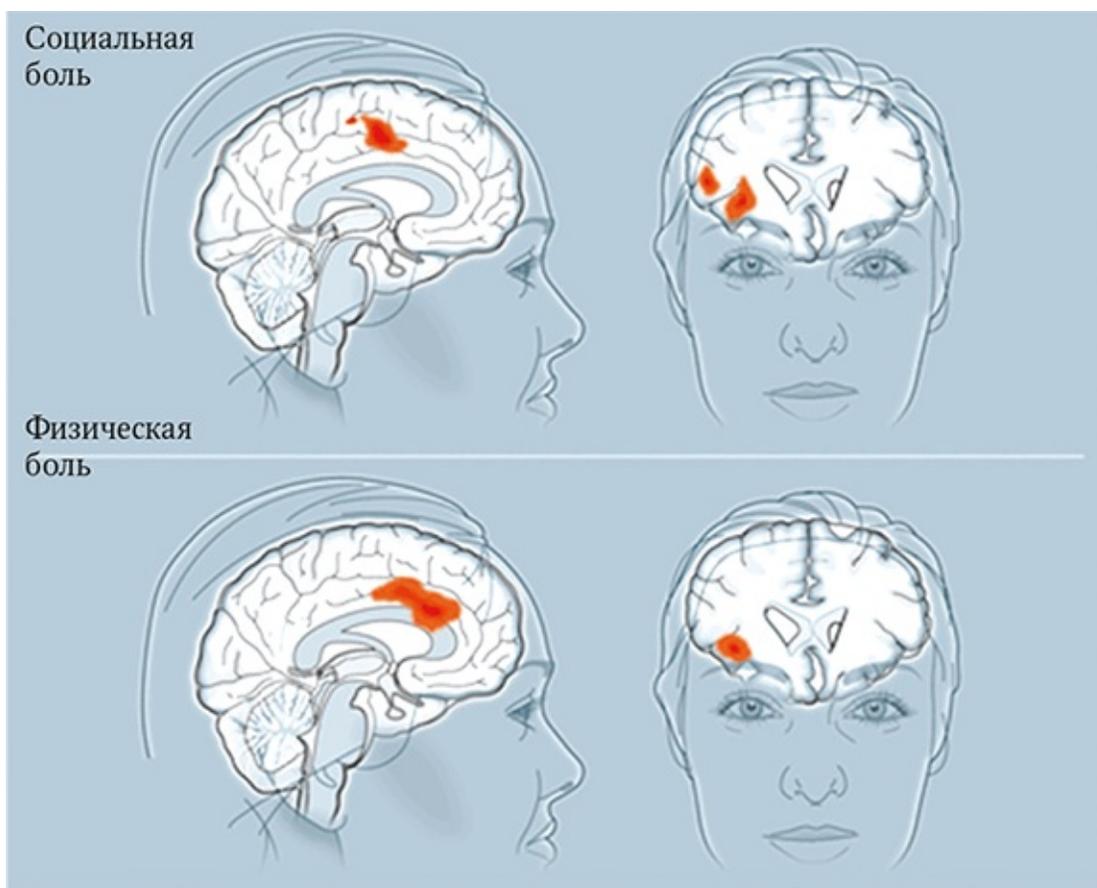
Социальная инклюзия



Социальная эксклюзия



В сценарии социальной эксклюзии доброволец исключается из игры в мяч.



Социальная боль – например, в результате исключения – активизирует те же участки мозга, что и физическая боль.

В эксперименте Эйзенбергер добровольцы играли, лежа в аппарате для сканирования мозга. Обнаружилось нечто любопытное: когда добровольцев исключали из игры, активизировались участки мозга, входящие в матрицу боли. Тот факт, что вам не бросают мяч, выглядит незначительным, но для мозга социальное исключение так много значит, что вызывает боль в буквальном смысле.

Почему социальное исключение заставляет страдать? Вероятно, это указывает на важность социальных связей с точки зрения эволюции, то есть боль является тем механизмом, который заставляет нас взаимодействовать с другими, искать их признания. Встроенный в мозг механизм поощряет связь между людьми. Он заставляет нас объединяться в группы.

Эта особенность проливает свет на окружающее нас общество: люди повсеместно образуют группы. Нас объединяют семейные и дружеские связи, работа, мода, спортивные команды, религия, культура, цвет кожи, язык, увлечения и политические взгляды. В группе мы чувствуем себя комфортно, и этот факт многое говорит об истории нашего вида.

Выживают не только сильнейшие

Обращаясь к эволюции человека, мы первым делом вспоминаем о всем известном принципе выживания сильнейших. Перед нашим внутренним взором предстает образ сильного и волевого человека, который способен превзойти других представителей своего вида в сражении, в беге, в любовном соперничестве. Другими словами, того, у кого больше шансов выжить и преуспеть. Это довольно удачная модель, однако она оставляет без объяснения некоторые аспекты нашего поведения. Возьмем, к примеру, альтруизм: каким образом выживание сильнейшего способствует тому, чтобы люди помогали друг другу? Отбор самых приспособленных в данном случае не подходит, и ученые ввели дополнительное понятие «родственного отбора». Это означает, что я забочусь не только о себе, но и о других носителях моего генетического материала – например родных и двоюродных братьях. Как пошутил специалист в области эволюционной биологии Дж. С. Холден: «Я с готовностью прыгну в реку, чтобы спасти двух родных братьев или восьмерых двоюродных».

Как бы то ни было, одного родственного отбора недостаточно, чтобы объяснить все грани человеческого поведения, поскольку объединяться в группы и кооперироваться могут не только родственники. Это наблюдение привело к такому понятию, как «групповой отбор». Суть его в следующем: если все члены группы сотрудничают друг с другом, то все они получают от этого выгоду. В среднем они добиваются большего успеха, чем те, кто не склонен к сотрудничеству с соседями. Члены группы помогают друг другу выжить. В таких группах повышается безопасность и производительность, они лучше преодолевают трудности. Это стремление объединяться с другими людьми называется эусоциальностью (греческое слово «эу» означает «добро»), и оно служит не зависящим от родства «клеем», на котором держатся племена, группы и народы. Это не исключает индивидуального отбора, а просто дополняет общую картину. Люди отличаются индивидуализмом и склонностью к соперничеству, однако ради общего блага они способны объединяться в группы. Данная особенность позволила человеку расселиться по всей планете, создать общества и цивилизации – такое не под силу отдельным людям, даже самым приспособленным. Настоящий прогресс возможен лишь в союзе с другими, который превращается в конфедерацию, и наша эусоциальность является одной из главных причин разнообразия и сложности современного мира.

Таким образом, стремление объединяться в группы дает нам эволюционное преимущество. Однако у него есть и обратная сторона. У любой группы должен существовать как минимум один чужак.

Чужаки

Для понимания истории человечества огромное значение имеют такие концепции, как «свои» и «чужие». В разных концах земного шара группы людей часто совершают акты насилия в отношении других групп, даже беззащитных и не представляющих непосредственной угрозы. В 1915 г. в Османской империи турки систематически уничтожали армян. В 1937 г. во время нанкинской резни вторгшееся в Китай японцы убили сотни тысяч невооруженных гражданских лиц. В 1994 г. в Руанде всего за сто дней хуту убили восемьсот тысяч тутси.

Я не могу рассматривать эти факты с беспристрастностью историка. Взглянув на мою родословную, вы убедитесь, что бóльшая часть ветвей генеалогического древа обрываются в начале 1940 г. Этих людей убили за то, что они были евреями; они попали в мясорубку геноцида, который развязали нацисты, объявившие евреев чужаками, виноватыми во всем на свете.

После холокоста Европа поклялась: «Это больше не повторится». Но спустя полвека снова случился геноцид – всего в тысяче километров от Германии, на территории Югославии. С 1992 по 1995 г. во время гражданской войны в бывшей Югославии сербы убили более ста тысяч мусульман, по большей части в процессе так называемых этнических чисток. Один из самых страшных эпизодов произошел в Сребренице: здесь за десять дней погибли восемь тысяч боснийцев. Они искали убежища в лагере миротворческих сил ООН, после того как Сребреница была окружена сербскими войсками, но 11 июля 1995 г. командование миротворческого контингента выгнало всех беженцев, и они попали в руки врагов, ожидавших их прямо за воротами лагеря. Женщин насильовали, мужчин убивали – не только мужчин, но и детей.



Лагерь ООН, в котором искали убежища боснийские мусульмане, охраняли голландские миротворцы. Хасан Нуханович потерял семью в резне, которая началась после того, как голландцы выгнали беженцев, так что те попали прямо в руки сербов, осаждавших лагерь.

Я прилетел в Сараево, чтобы лучше понять, что произошло, и там мне представился случай поговорить с высоким мужчиной средних лет по имени Хасан Нуханович. Хасан, боснийский мусульманин, работал в лагере ООН переводчиком. Его семья находилась там же вместе с другими беженцами, но их выгнали из лагеря, отправив на верную смерть, а Хасану разрешили остаться, поскольку ценили его как переводчика. Тогда убили его мать, отца и брата. Ему не дает покоя мысль о том, что «...убивали и пытали наши соседи – те самые люди, рядом с которыми мы жили на протяжении десятилетий. Они были способны убивать своих школьных друзей».

Еще одним примером разрушения социального взаимодействия может служить рассказ Хасана об аресте боснийского дантиста. Его подвесили за руки к фонарному столбу и били металлическим прутом, пока не сломали позвоночник. Тело дантиста висело там три дня, а мимо него сербские дети ходили в школу. «Есть универсальные ценности, и они очень простые: не убий. В апреле 1992 г. это «не убий» внезапно исчезло и превратилось в «иди и убивай», – заключил Хасан.

СИНДРОМ Е

В чем причина ослабленной эмоциональной реакции на причинение вреда другому человеку? Нейрохирург Ицхак Фрид отмечает, что если проанализировать случаи насилия во всем мире, то в поведении людей можно заметить одну и ту же особенность, Фрид предложил искать и идентифицировать определенное поведение, которое характеризует преступника, совершающего насильственное преступление, – он назвал это синдромом Е. Синдром Е характеризуется снижением эмоциональной реактивности, что способствует повторяющимся актам насилия. Другой признак – гиперторможение, ощущение восторга от подобных действий. Это групповое «заражение»: так поступают все, и эпидемия насилия ширится. Наблюдается также компартиментализация, когда человек может заботиться о своей семье и в то же время совершать акты насилия в отношении другой семьи.

При этом другие функции мозга, такие как речь, память, способность решать поставленные задачи, полностью сохраняются, то есть изменения затрагивают не весь мозг, а только зоны, участвующие в формировании эмоций и эмпатии. Выбор теперь определяется теми зонами мозга, которые отвечают за логику, память, умозаключения и т. д., а не сетями, позволяющими представить, что чувствует другой человек. По мнению Фрида, это эквивалентно освобождению от морали. Люди больше не используют эмоциональные системы, которые в обычных обстоятельствах определяют принятие социальных решений.



На этой фотографии времен холокоста солдат целится в женщину с ребенком на руках.



Семья Хасана похоронена на этом кладбище в Сребренице. Каждый год находят новые тела жертв резни, идентифицируют и привозят сюда.

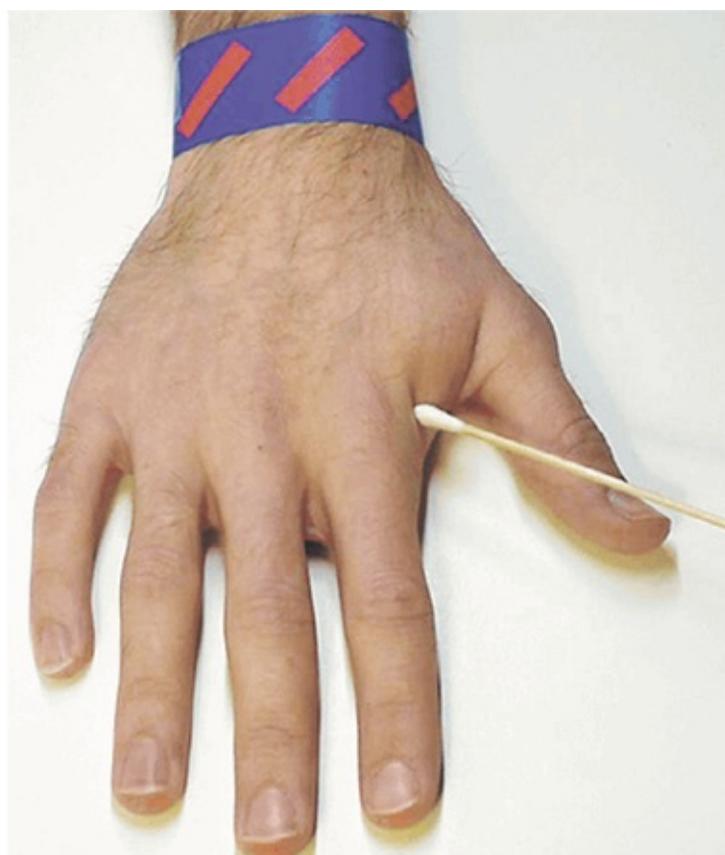
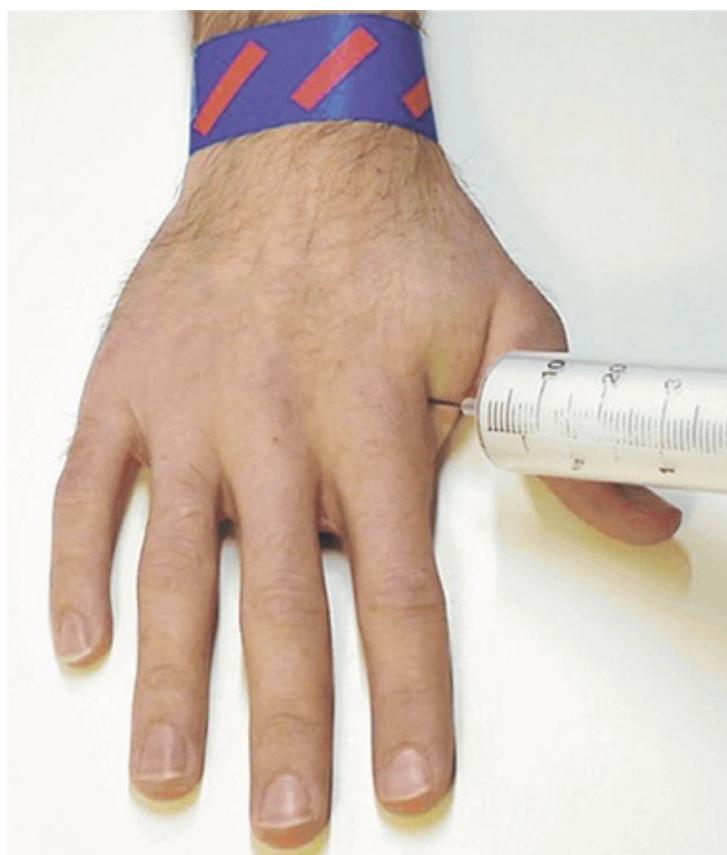
Чем объясняется этот тревожный сдвиг во взаимодействии людей? Откуда он берется у эусоциальных существ? Почему геноцид то и дело случается на нашей планете? Мы привыкли рассматривать войну и убийства в контексте истории, экономики и политики. Однако такая картина неполна, и я убежден, что эти явления необходимо понять с точки зрения науки о мозге. Убийство соседа обычно представляется человеку невыносимым. Что же происходит с сотнями и тысячами людей, которые так поступают? Почему в определенных ситуациях отключаются нормальные социальные функции мозга?

Некоторые равнее других

Можно ли изучать нарушение нормальных социальных функций в лаборатории? Я разработал эксперимент, чтобы попытаться это выяснить.

Первый вопрос довольно прост: меняется ли ваша способность к сочувствию другому человеку в зависимости от того, «свой» он или «чужой»?

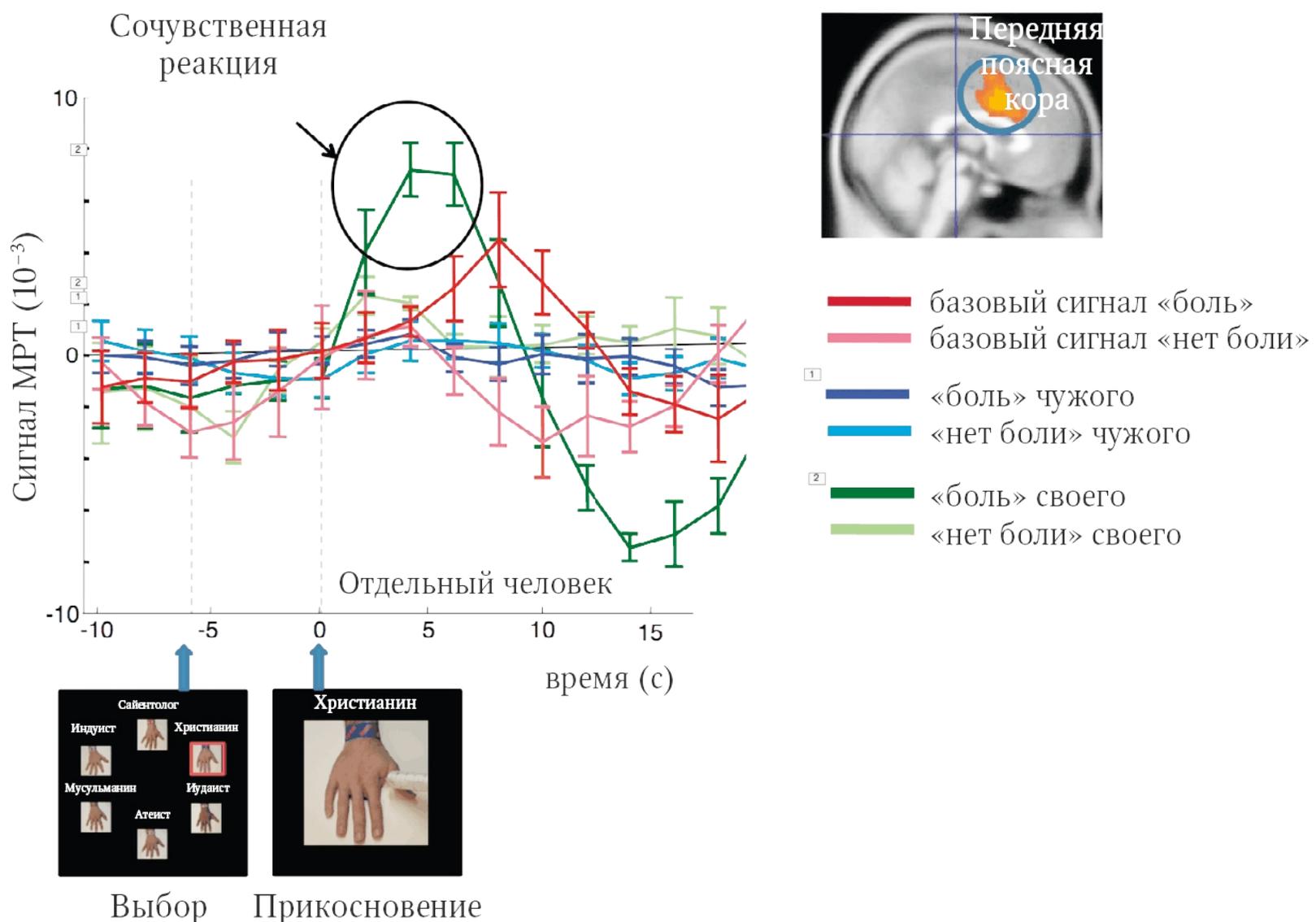
Мы поместили испытуемых в сканер. На экране они видели шесть рук. Компьютер случайным образом – вроде барабана в розыгрыше лотереи – выбирал одну из рук. Затем изображение перемещалось в центр экрана и увеличивалось, после чего к руке прикасались ватной палочкой или иглой от шприца. Эти два действия вызывают сходное возбуждение в зрительной системе, но очень разные реакции в остальных зонах мозга.



Сканируя мозг участников эксперимента, мы показывали им, как руку колют иглой или прикасаются к ней ватной палочкой.

Как уже говорилось выше, при виде человека, испытывающего боль, у нас в мозгу активируется матрица боли. Это основа сочувствия. Теперь мы можем поднять вопрос о сочувствии на следующий уровень. Измерив базовое состояние при воздействии, мы немного изменили эксперимент. На экране появлялись те же шесть рук, но теперь каждая из них была снабжена надписью: христианин, иудей, атеист, мусульманин, индуист или сайентолог. После случайного выбора одной из рук она перемещалась в центр экрана и увеличивалась, а затем ее касались ватной палочкой или кололи иглой от шприца. В результате эксперимента мы хотели выяснить следующее: будет ли мозг точно так же сочувствовать боли чужака?

Мы выявили большую амплитуду индивидуальных отклонений, но в среднем мозг демонстрировал более сильную сочувственную реакцию на боль «своего» и менее сильную на боль «чужака». Этот результат особенно важен с учетом того, что надписи состояли всего из одного слова: для определения принадлежности к группе требуется очень немного.



Когда этот участник эксперимента видел «своего», испытывающего боль, в передней поясной коре наблюдалась активная реакция. В случае «чужого» активность была значительно слабее.

Грубой категоризации вполне достаточно, чтобы изменить сознательную реакцию мозга на боль другого человека. Соблазнительно приписать это религии, но причина кроется глубже: в нашем исследовании даже атеисты больше сочувствовали руке с надписью «атеист», чем руке с любой другой надписью. Таким образом, дело тут не в религии, а в группе, к которой человек себя причисляет.

По всей видимости, люди меньше сочувствуют чужакам. Но для того, чтобы объяснить насилие и геноцид, нужно сделать еще один шаг – к дегуманизации.

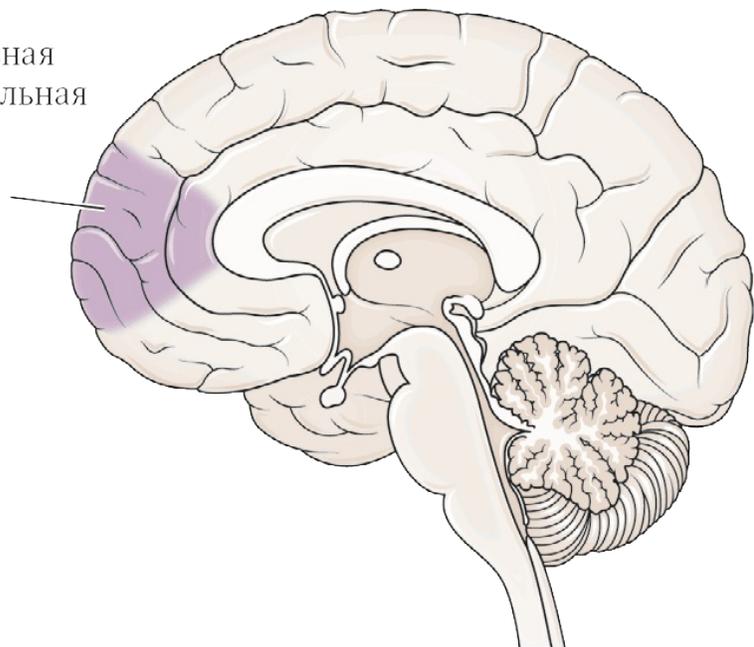
Лазана Харрис из Лейденского университета (Голландия) провел серию экспериментов, которые приблизили нас к пониманию, как это происходит. Харрис искал изменения в

социальных сетях мозга, в частности в медиальной префронтальной коре. Эта зона активизируется, когда мы взаимодействуем с другими людьми или думаем о них, но не активизируется, когда мы имеем дело с неодушевленными предметами, вроде кружки для кофе.

Харрис показывал добровольцам фотографии людей из разных социальных групп, например бездомных или наркоманов. Он обнаружил, что медиальная префронтальная кора менее активна, когда испытуемые смотрят на бездомного. Как будто это не человек, а неодушевленный предмет.



Медиальная префронтальная кора



Медиальная префронтальная кора активизируется, когда мы думаем о других людях – по крайней мере, о большинстве других людей.

Как отмечает Харрис, выключение систем, которые видят в бездомном человеческое существо, позволяет вам не испытывать неприятных чувств, когда вы отказываете ему в милостыне. Другими словами, бездомный дегуманизировался: мозг воспринимает его скорее как неодушевленный предмет, чем как человека. Отсюда отсутствие эмпатии. «Если вы не относите объекты к человеческим существам, – объясняет Харрис, – то моральные нормы, применяемые к людям, уже не действуют».

Дегуманизация – ключевой аспект геноцида. Нацисты считали евреев «недочеловеками», и точно так же в бывшей Югославии сербы относились к мусульманам.

В Сараеве я прогулялся по главной улице города. Во время войны ее называли «аллеей снайперов», поскольку стрелки, притаившиеся на окружающих холмах и соседних зданиях, убивали мирных жителей – мужчин, женщин и детей. Эта улица стала одним из самых впечатляющих памятников, символизирующих ужасы войны. Как такое могло произойти с обычной городской улицей?

Эта война, подобно многим другим, поддерживалась весьма эффективной формой нейронной манипуляции, которая применялась на протяжении столетий: пропагандой. Во время войны в Югославии главная новостная сеть страны, Радио и телевидение Сербии (РТС), контролировалась сербским правительством и постоянно передавала искаженные новости, выдавая их за правду. Журналисты придумывали сообщения о нападениях на сербов боснийских мусульман и хорватов, движимых этнической ненавистью. Они постоянно демонизировали боснийцев и хорватов, использовали негативные коннотации при описании мусульман. Высшим выражением ненависти стали ничем не подтвержденные обвинения, будто бы мусульмане скармливают сербских детей львам в зоопарке в Сараеве.

Геноцид возможен только в случае масштабной дегуманизации, и идеальное орудие для достижения этой цели – пропаганда. Она влияет на нейронные цепи, которые помогают понимать других людей, и снижает уровень нашего сочувствия им.

Таким образом, мозгом можно манипулировать в политических целях, дегуманизируя других людей, что может привести к высвобождению самых темных сторон человеческой природы. А нельзя ли запрограммировать мозг таким образом, чтобы он сопротивлялся подобным манипуляциям? Один из возможных ответов предлагает эксперимент, который провели в 1960-х гг., но не в научной лаборатории, а в школе.

Это было в 1968 г., через день после убийства Мартина Лютера Кинга. Джейн Эллиот, школьная учительница из небольшого городка в штате Айова, решила продемонстрировать своему классу, что такое предрассудки. Джейн спросила учеников, понимают ли они, как чувствует себя человек, о котором судят по цвету кожи. Дети ответили, что понимают. Но Джейн сомневалась – и провела с ними эксперимент, которому было суждено стать знаменитым. Она объявила, что голубоглазые дети «лучшие в классе».

Джейн Эллиот: Кареглазым детям не разрешается пить из фонтанчика. Вы должны пользоваться бумажными стаканчиками. Кареглазым детям не разрешается играть с голубоглазыми на площадке, потому что они хуже голубоглазых. С этого дня кареглазые дети в классе должны носить шейные платки. Так мы издалека сможем сказать, какого цвета у вас глаза. Теперь откроем страницу 127... Все готовы? Все, кроме Лори. Готова, Лори?

Ученик: У нее карие глаза.

Джейн Эллиот: У нее карие глаза. С сегодняшнего дня вы станете замечать, сколько времени мы теряем, пока ждем кареглазых детей.

Через секунду она оглядывается в поисках линейки, и тут подают голос два мальчика. Рекс подсказывает, где линейка, а Реймонд дает совет: «Послушайте, миссис Эллиот, вам лучше держать линейку на столе, на случай если коричневые, то есть кареглазые, отобьются от рук».

Недавно я беседовал с этими двумя мальчиками, теперь взрослыми мужчинами, Рексом Козаком и Реем Хансеном. У обоих голубые глаза. Я спросил, помнят ли они, как вели себя в тот день. «Я очень плохо обращался со своими друзьями. Из всех сил придирался к кареглазым детям, чтобы самому выбиться в лидеры, – вспоминал Рей. В детстве у него были белокурые волосы и яркие голубые глаза. – Я был настоящим маленьким нацистом. Искал любой предлог, чтобы обидеть своих друзей, с которыми несколько часов или даже минут назад был очень близок».

На следующий день Джейн изменила правила поведения на противоположные. Она объявила классу:

Кареглазые дети могут снять шейные платки. Каждый из них может повязать свой платок на шею голубоглазого одноклассника. Кареглазым перемена продлевается на пять минут. Голубоглазым запрещается пользоваться игровой площадкой. Голубоглазые не должны играть с кареглазыми. Кареглазые лучше голубоглазых.

Рекс описывает, как он себя чувствовал: «Весь мир рухнул – такого со мной еще никогда не было». Когда его причислили к низшей группе, он испытал такое чувство потери себя, своей личности, что почти ничего не мог делать.

Один из самых важных навыков, которыми овладевают люди, – это умение видеть перспективу. У детей такого опыта еще нет. Но, когда приходится ставить себя на место другого человека, это открывает новые когнитивные пути. После эксперимента в классе миссис Эллиот Рекс возмущался, когда слышал расистские высказывания; он вспоминает, как возражал отцу: «Это неприемлемо». Рекс с гордостью вспоминает об этом поступке, который укрепил его уверенность в себе, и он чувствовал, что меняется как личность.

Суть эксперимента с голубыми/кариими глазами заключалась в том, что Джейн Эллиот поменяла группы местами. Это позволило ученикам понять, что система правил может быть произвольной. Дети усвоили, что истина непостоянна – более того, она не обязательно истина. Этот опыт научил школьников видеть суть за туманом и зеркалами политических программ, формировать собственное мнение – качество, которое все мы хотим видеть в своих детях.

Ключевую роль в предотвращении геноцида играет воспитание. Только понимая склонность мозга делить окружающих на своих и чужих и стандартные уловки пропаганды, стремящейся использовать эту склонность, можно надеяться, что удастся поставить барьер перед дегуманизацией, которая заканчивается массовыми зверствами.

В наш век цифровой коммуникации еще важнее, чем когда-либо прежде, понимать связь между людьми. Мозг человека запрограммирован на взаимодействие с окружающими: мы в высшей степени общественные существа. Нашими социальными мотивами иногда можно манипулировать, но именно они составляют основу человеческого успеха.

Принято считать, что человек ограничен своей кожей, но в определенном смысле четкой границы между вами и окружающими людьми не существует. Ваши нейроны и нейроны всех остальных жителей планеты взаимодействуют в рамках гигантского, непрерывно меняющегося организма. То, что мы называем собой, – это просто нейронная сеть внутри еще

большей сети. Если мы желаем своему биологическому виду светлого будущего, то должны продолжать исследования, пытаться понять, как взаимодействуют мозги разных людей – выявлять как опасности, так и возможности. Мы не вправе игнорировать истину, которая запрограммирована у нас в мозгу: мы нуждаемся друг в друге.

6. Какими мы станем?

Организм человека – это настоящий шедевр сложности и красоты, симфония сорока миллиардов клеток, работающих сообща. Однако у него есть свои ограничения. Границы нашего восприятия определяются органами чувств, возможности действия – телом. Но что произойдет, если мозг научится воспринимать новые данные и управлять новыми органами, то есть расширит реальность, в которой мы живем? Сегодня наступил переломный момент в человеческой истории, когда соединение биологии и технологии преодолевает ограничения мозга. Мы можем усовершенствовать собственную аппаратную часть, чтобы проложить курс в будущее. Это коренным образом изменит смысл самого понятия «человек».

На протяжении последних 100 000 лет наш биологический вид проделал большой путь: от примитивных охотников и собирателей, борющихся за существование, до покоривших всю планету существ, которые прочно связаны друг с другом и сами определяют свою судьбу. Сегодня мы наслаждаемся земными благами, о которых наши предки не могли и мечтать. У нас есть реки чистой воды, которые по нашему желанию текут в наши красиво украшенные пещеры. Мы владеем устройствами величиной с камень, в которых содержится вся мудрость мира. Мы регулярно поднимаемся выше облаков и можем из космоса окинуть взглядом родную планету. Мы отправляем сообщения на другой край земли за восемьдесят миллисекунд, а информация для космической колонии людей передается со скоростью шестьдесят мегабит в секунду. Сидя за рулем автомобиля по дороге на работу, мы движемся со скоростями, которые превосходят возможности любого биологического вида, даже гепардов. Этими необыкновенными достижениями мы обязаны особым свойствам полутора килограммов вещества, содержащегося внутри нашего черепа.

Какие особенности человеческого мозга сделали возможным этот путь? Раскрыв секрет этих невероятных достижений, мы могли бы сознательно управлять способностями своего мозга, открыть новую главу в истории человечества. Что приготовили для нас следующие тысячелетия? Какой станет человеческая раса в отдаленном будущем?

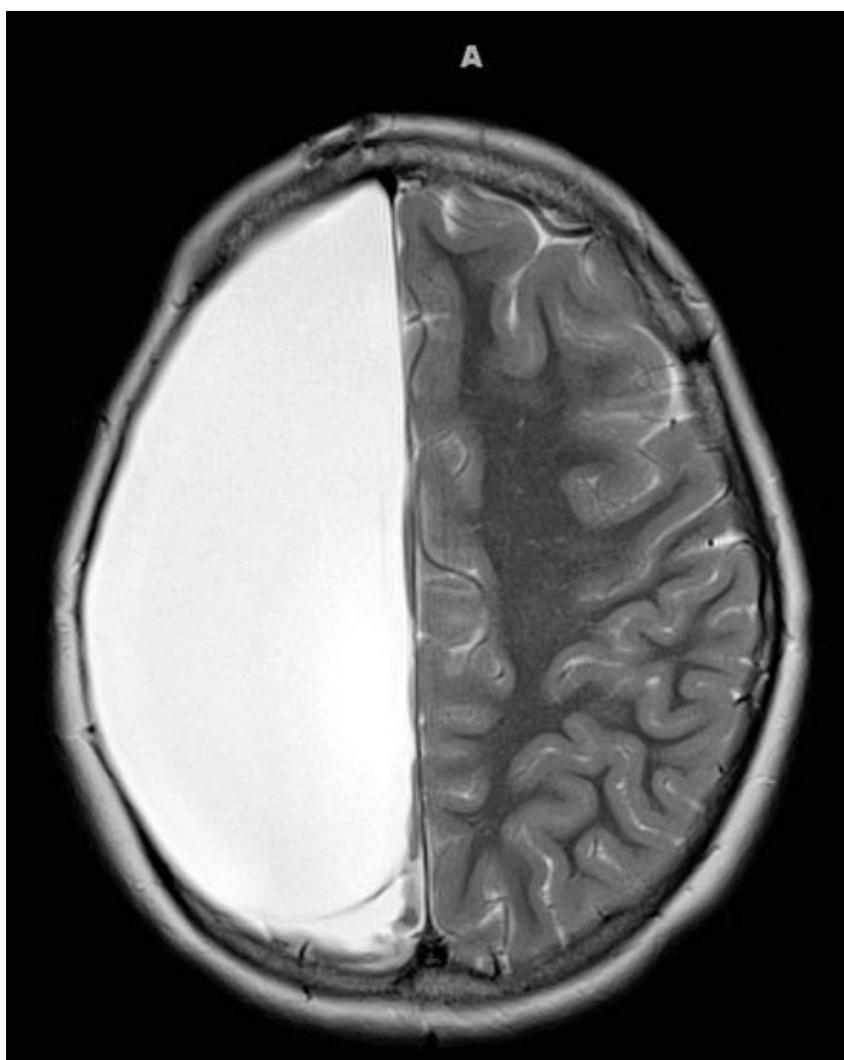
Гибкое вычислительное устройство

Тайна нашего успеха, а также будущих возможностей состоит в необыкновенной способности мозга меняться, которая получила название пластичности. Как мы видели в главе 2, эта особенность позволяет человеку существовать в самой разной среде и усваивать местные особенности, необходимые для выживания, в том числе язык, требования окружающего мира и культуру.

Пластичность мозга также определяет наше будущее, поскольку открывает дверь к изменению собственного организма. Для начала попробуем осознать необыкновенную гибкость вычислительного устройства под названием мозг.

Рассмотрим случай маленькой девочки по имени Кэмерон Мотт. В четырехлетнем возрасте у нее начались сильные судороги. Припадки были агрессивными: Кэмерон внезапно бросалась на пол, требуя, чтобы на нее надели шлем. У нее довольно быстро диагностировали редкое истощающее заболевание, которое называется энцефалитом Расмуссена. Врачи знали, что эта разновидность эпилепсии приводит к параличу и в конечном итоге к смерти, и поэтому предложили рискованное хирургическое вмешательство. В 2007 г. в результате операции, длившейся двенадцать часов, хирурги удалили почти половину мозга девочки.

Каковы же долговременные последствия удаления половины мозга? Они оказались на удивление незначительны. У Кэмерон одна половина тела слабее другой, но в остальном девочка практически не отличается от одноклассников. У нее нет проблем с пониманием речи, музыки, математики и литературы. Она хорошо успевает в школе и занимается спортом.



На изображении мозга Кэмерон белое пространство – отсутствующая половина мозга.

Неужели это возможно? Получается, что половина мозга Кэмерон оказалась просто лишней; вторая половина оперативно перестроилась и взяла на себя утраченные функции, так что вся деятельность сосредоточилась в половине мозга. Выздоровление Кэмерон подчеркивает эту удивительную способность мозга: он перестраивает себя, приспосабливаясь к вводу информации и требуемым действиям, к задачам, которые решаются в настоящий момент.

В этом смысле мозг совсем не похож на аппаратную часть компьютеров. Он «живой». Он перестраивает свои цепи. Мозг взрослого человека менее пластичен, чем мозг ребенка, но по-прежнему сохраняет поразительную способность к адаптации и изменению. Как мы видели в предыдущих главах, каждый раз, когда мы усваиваем что-то новое, будь то карта Лондона или умение строить пирамиду из стаканчиков, мозг меняет себя. Именно это свойство мозга – пластичность – позволяет соединить технологию с биологией.

Подключение периферийных устройств

Человек учится встраивать разнообразные механизмы непосредственно в свое тело. Возможно, вы этого не знаете, но уже сотни тысяч человек имеют искусственный слух и искусственное зрение.

При помощи такого устройства, как имплантат улитки, внешний микрофон оцифровывает звуковой сигнал и передает его прямо в слуховой нерв. Аналогичным образом имплантат сетчатки оцифровывает сигнал от видеокамеры и через электрод передает его в зрительный нерв в задней части глаза. Эти устройства вернули слух и зрение множеству глухих и слепых людей во всем мире.

Поначалу ученые сомневались, сработает ли такой подход. При появлении этих методов многие исследователи были настроены скептически: мозг – очень тонкий и точный механизм, и неизвестно, возможен ли содержательный диалог между металлическими электродами и живыми клетками. Способен ли мозг понять грубые, не биологические сигналы или они поставят его в тупик?

Как оказалось, мозг учится интерпретировать сигналы. Привыкание к имплантатам чем-то похоже на изучение нового языка. Поначалу незнакомые электрические сигналы лишены смысла, но в конечном итоге нейронные сети извлекают закономерности из поступающих данных.

Включай и работай: экстрасенсорное будущее

Пластичность мозга позволяет использовать новые входные сигналы. Какие сенсорные возможности это открывает перед нами?

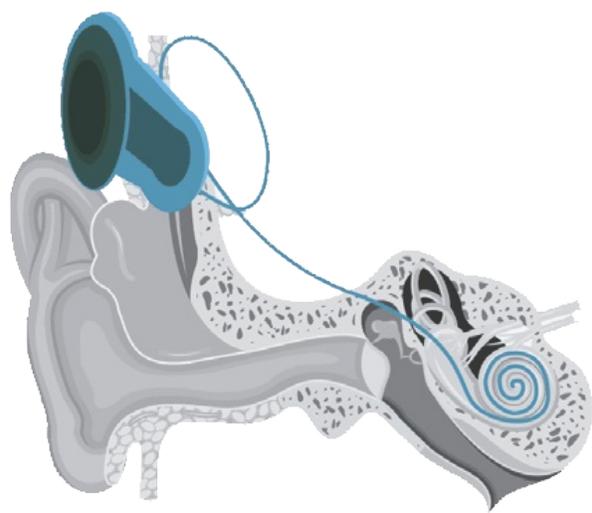
Мы приходим в мир со стандартным набором основных чувств: слухом, осязанием, зрением, обонянием и вкусом. К ним добавляются и другие, такие как чувство равновесия, способность ощущать вибрации и температуру. Наши органы чувств – это порталы, через которые мы получаем сигналы от окружающей среды.

Однако, как уже было показано в главе 1, эти органы чувств позволяют воспринимать лишь крошечную часть мира, который нас окружает. Все источники информации, для которых отсутствуют датчики, остаются для нас невидимыми.

Я рассматриваю наши сенсорные порталы как устройства типа «включай и работай». Суть в том, что мозг не знает, откуда он получает информацию, – более того, ему это безразлично. Независимо от источника информации мозг определяет, что с ней делать. В данной аналогии мозг играет роль вычислительного устройства общего назначения: он работает с тем, что получает. Идея заключается в том, что Природе требовалось всего один раз изобрести принцип работы мозга, а затем она могла развлекаться, придумывая новые каналы ввода.

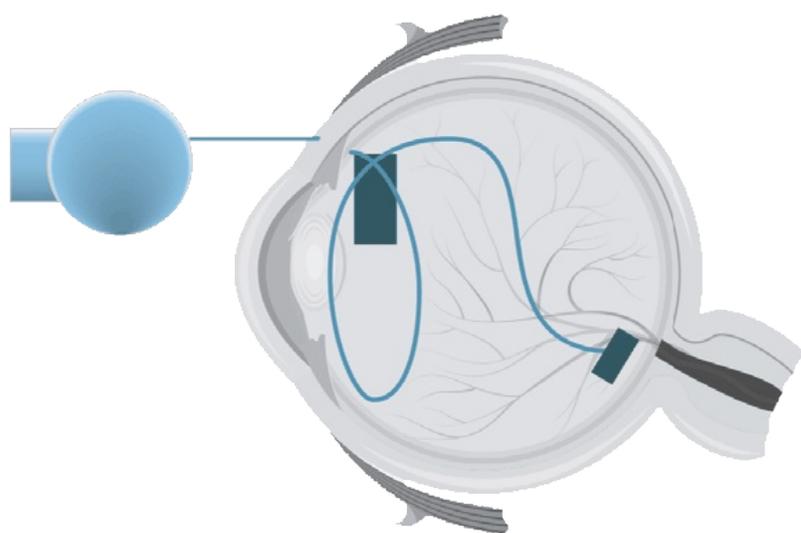
В результате все эти сенсоры, которые мы знаем и любим, представляют собой просто внешние устройства, которые можно присоединять и отсоединять. Достаточно подключить их, и мозг может приступать к работе. Таким образом, эволюции не требуется постоянно переделывать мозг; достаточно совершенствовать периферийные устройства, а мозг сам разберется, как их использовать.

Микрофон



Имплантат улитки

Камера



Имплантат сетчатки

Искусственные слух и зрение

Имплантат улитки передает звуковые сигналы непосредственно в неповрежденный слуховой нерв. Слух возвращается не сразу: люди должны научиться понимать незнакомый язык сигналов, которые поступают в мозг. Вот как описывает свои ощущения Майкл Хорост, один из пациентов, которым вживили имплантат:

«Когда через месяц после операции устройство включили, первое услышанное мной предложение звучало как «Зззззз сзз сзвизз ур брфзззззз?», которое постепенно превратилось в «Что вы ели на завтрак?». После нескольких месяцев тренировок я мог снова пользоваться телефоном и даже разговаривать в шумных барах и кафе».

Принцип действия имплантата сетчатки аналогичен. Крошечные электроды имплантата заменяют фоторецепторы сетчатки, посылая слабые электрические импульсы. Эти устройства используются в основном при таких заболеваниях глаз, когда происходит дегенерация фоторецепторов на задней стенке, но клетки зрительного нерва остаются неповрежденными.

Несмотря на грубость входных сигналов, мозг находит способ извлечь из них смысл. Он выискивает закономерности, обращаясь к сигналам от других органов чувств. Если в поступающих данных обнаруживается некая структура, мозг выявляет ее, и через несколько недель информация начинает приобретать смысл.

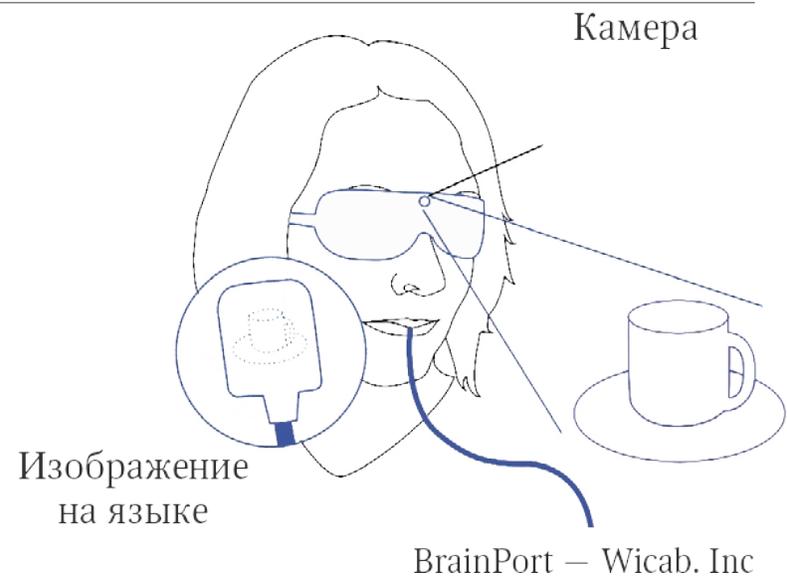
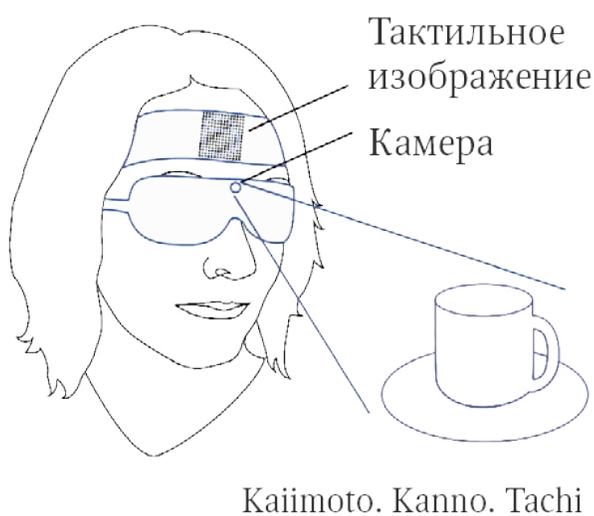
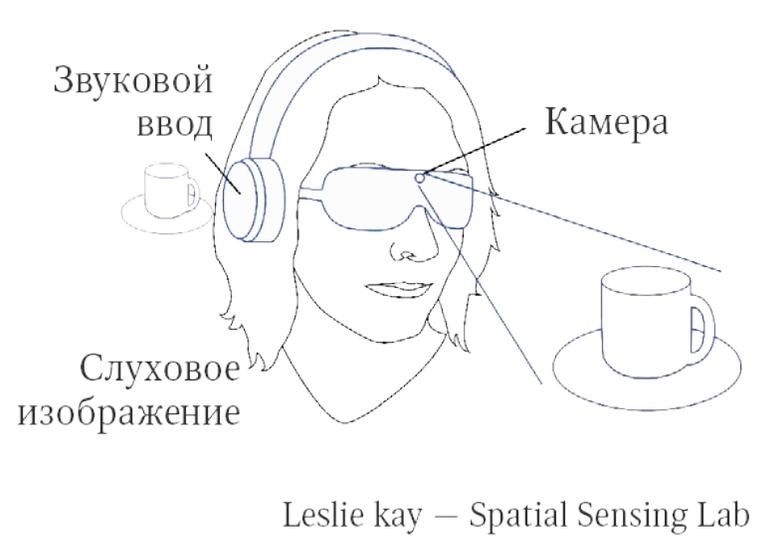
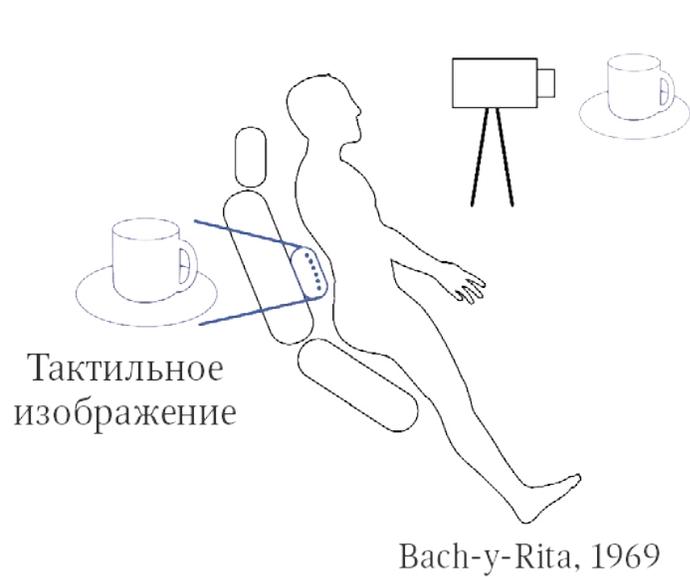
Присмотревшись к животному миру, вы увидите поразительное разнообразие периферийных сенсоров, которые использует мозг разных животных. У змей есть датчики температуры, гимнотобразные рыбы обладают особыми органами, которые регистрируют изменения электрического поля. У коров и птиц имеется компас, при помощи которого они могут ориентироваться в магнитном поле Земли. Некоторые животные способны видеть в ультрафиолетовом свете. Слоны слышат звуки на огромном расстоянии, а собаки живут в богатом мире запахов. Горнило естественного отбора – это пространство для экспериментов, и приведенные примеры – лишь некоторые из способов, найденных генами, чтобы передавать данные из окружающего мира в мир внутренний. В конечном счете эволюция создала мозг, который способен воспринимать разные срезы реальности.

Я хотел бы подчеркнуть, что в тех органах чувств, к которым мы привыкли, возможно, нет ничего особенного. Они просто унаследованы нами от сложной истории эволюционных ограничений. Нам не обязательно за них держаться.

Главное доказательство истинности этой идеи дает нам концепция, получившая название сенсорного замещения, когда сенсорная информация подается по необычным каналам, например, зрительная – путем осязания. Мозг сам решает, что делать с этой информацией, поскольку ему безразлично, каким образом поступают данные.

На первый взгляд сенсорное замещение похоже на научную фантастику, однако это явление – установленный факт. О первой его демонстрации рассказал журнал Nature в 1969 г. В своей статье нейробиолог Бах-и-Рита продемонстрировал, что слепые люди могут научиться «видеть» предметы, даже если зрительная информация поступает к ним необычным путем. Слепых усаживали в модифицированное зубоврачебное кресло, и видеосигнал с камеры подавался на матрицу из маленьких поршней, прижатых к пояснице. Другими словами, если вы рисуете перед камерой круг, участник эксперимента почувствует круг на своей спине. Как

это ни удивительно, слепые люди начинали распознавать объекты и чувствовали увеличение размера приближающихся предметов. В определенном смысле они могли видеть спиной.



Четыре метода доставить зрительную информацию в мозг через необычные сенсорные каналы: поясницу, уши, лоб и язык.

Это был первый пример сенсорного замещения; за ним последовали другие. Современные варианты данного подхода включают превращение видеосигнала в звуковой поток или серию слабых электрических импульсов на лбу или на языке.

Примером последнего метода может служить устройство размером с почтовую марку под названием BrainPort, которое посылает слабые электрические импульсы через крошечную пластинку, прикрепленную к языку. Слепой человек надевает темные очки с вмонтированной в них маленькой камерой. Пиксели камеры преобразуются в электрические импульсы, прикладываемые к языку, – ощущается нечто вроде покалывания, как от газированного напитка. Лишенные зрения люди могут с большим искусством пользоваться прибором, обходя препятствия или забрасывая мяч в баскетбольную корзину. Слепой спортсмен Эрик

Вейхенмайер использует BrainPort при скалолазании, определяя положение утесов и трещин по рисунку импульсов на языке.

Возможность «видеть» языком кажется безумием, но следует помнить, что зрение – это всего лишь электрические сигналы, поступающие во тьму вашего черепа. Обычно они приходят по зрительным нервам, однако нет никакой причины, почему эта информация не может поступать по другим каналам. Сенсорное замещение демонстрирует, что мозг берет все поступающие данные, независимо от источника, и выясняет, что он может из них получить.

Один из проектов, которым занимается моя лаборатория, – построение платформы для сенсорного замещения. В частности, мы разработали пригодную для ношения на теле технологию, которую назвали VEST (регулируемый экстрасенсорный датчик). Это устройство укрепляется под одеждой и снабжено крошечными вибродвигателями. Вибродвигатели преобразуют потоки данных в динамические рисунки вибрации на туловище. Мы используем VEST для возвращения слуха глухим людям.

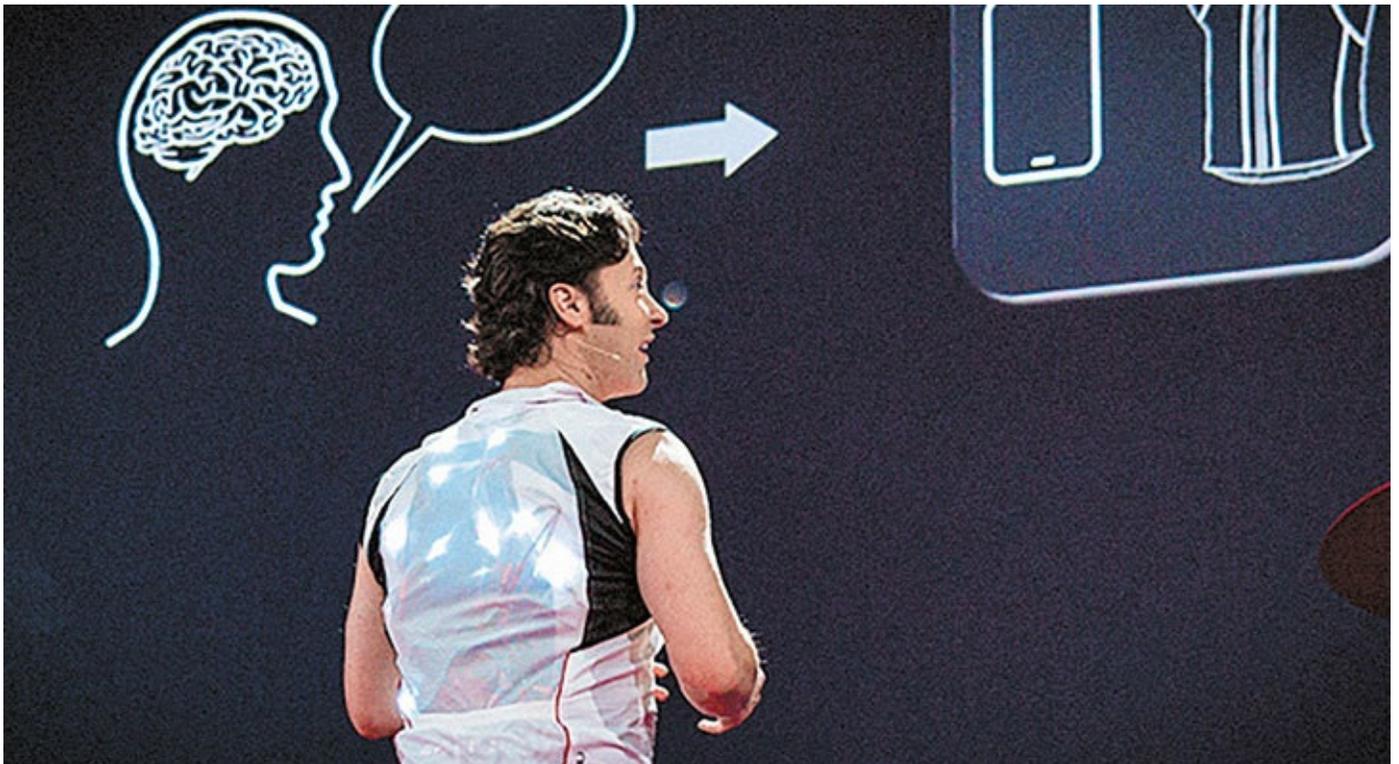
Через пять дней использования VEST человек, родившийся глухим, мог правильно различать произнесенные слова. Наши эксперименты находятся еще на ранней стадии, но мы предполагаем, что через несколько месяцев ношения VEST у испытуемых сформируется непосредственное восприятие – некий эквивалент слуха.

Может показаться странным, что человек будет слышать с помощью вибраций на своем теле. Но, как и в случае зубоорачебного кресла или сетки на языке, суть состоит в следующем: мозгу все равно, откуда получать информацию, пока он ее получает.

Дополнительные чувства

Сенсорное замещение прекрасно подходит для обхода поврежденных органов чувств. Но нельзя ли использовать эту технологию для расширения диапазона нашего сенсорного восприятия? С этой целью мы с моими студентами добавляем новые чувства к тому набору, которым обладает человек, пытаюсь обогатить наше восприятие мира.

Рассмотрим следующий пример. Интернет – это поток петабайтов интересной информации, но в настоящее время доступ к ней мы можем получить только с помощью смартфона или экрана компьютера. Что, если бы эти данные могли непосредственно поступать в мозг, формируя картину мира? Другими словами, что, если бы вы могли чувствовать эти данные? Например, прогноз погоды, биржевые сводки, сообщения в Твиттере, данные приборов самолета или информацию о положении дел на заводе – закодированные в виде нового вибрационного языка, который учится понимать мозг. Занимаясь повседневными делами, вы сможете напрямую воспринимать, идет ли дождь в тысяче километров от вас или выпадет ли завтра в вашем городе снег. Или почувствуете, куда движется фондовый рынок, бессознательно оценивая тенденции мировой экономики. Или поймете новые веяния в Твиттере и таким способом узнаете о мыслях других людей.



VEST

Для сенсорного замещения у глухих мы с моим аспирантом Скоттом Новичем разработали VEST. Этот носимый на теле прибор улавливает звуки из окружающей среды и передает на маленькие вибродвигатели, закрепленные на туловище. Двигатели

активируются в определенной последовательности в зависимости от частоты звука. Таким образом звук превращается в переменную последовательность вибраций.

Поначалу вибрационные сигналы не имеют смысла. Но потренировавшись, мозг понимает, что делать с этими данными. Глухие люди могут переводить сложные последовательности вибраций на теле в осмысленные слова. Мозг обучается бессознательно расшифровывать вибрации – примерно так же слепой человек без труда читает шрифт Брайля.

VEST способен кардинально изменить жизнь глухих людей. В отличие от имплантата улитки он не требует оперативного вмешательства. Кроме того, он в двадцать раз дешевле, что будет способствовать его широкому распространению.

Потенциал VEST гораздо шире: он может не только преобразовывать звук, но и послужит платформой для передачи в мозг информации любого рода.

Видеоматериалы о работе VEST можно найти на сайте eagleman.com.

Все это звучит как научная фантастика, но такое будущее уже не за горами – и все благодаря таланту мозга обнаруживать закономерности, даже когда мы не прилагаем к этому сознательных усилий. Эта хитрость позволит нам получать сложные данные и встраивать в сенсорное восприятие мира. Получение новых потоков данных будет казаться легким и непринужденным, подобно чтению этой страницы. Однако, в отличие от чтения, дополнительные чувства станут способом получения новой информации о мире без участия сознания.

В настоящее время мы не знаем ограничений – если таковые вообще существуют – на данные, которые способен воспринять мозг. Но уже понятно, что мы больше не дети природы, которым для сенсорной адаптации приходится ждать медленного течения эволюции. Мы будем изобретать для себя все больше сенсорных порталов в окружающий мир. Мы встроим себя в расширившуюся сенсорную реальность.

Как получить более совершенное тело

Восприятие мира – лишь половина дела. Вторая половина связана с взаимодействием с ним. Может ли пластичность мозга использоваться не только для модификации наших органов чувств, но и способов нашего соприкосновения с окружающим миром?

Познакомьтесь с Джейн Шойерманн. Вследствие редкого генетического заболевания у нее дегенерировали нервные волокна спинного мозга, идущие от головного мозга к мышцам. Она чувствует свое тело, но не может управлять им. Вот как описывает свое состояние сама Джейн: «Мозг говорит руке: «Поднимись», а рука отвечает: «Я тебя не слышу». Паралич всего тела сделал ее идеальным кандидатом для нового исследования, которое проводилось на медицинском факультете Питтсбургского университета.

Исследователи имплантировали два электрода в левую двигательную зону коры головного мозга Джейн, последнюю остановку, после которой сигналы, управляющие рукой, направляются в спинной мозг. Электрическую активность коры переводили в сигналы для компьютера, чтобы определить намерение Джейн, а затем использовали для управления самой сложной в мире роботизированной рукой.

Когда Джейн хотела пошевелить роботизированной рукой, она просто думала об этом. Обычно Джейн обращалась к руке в третьем лице: «Поднимись вверх. Теперь вниз, ниже, ниже. Направо. Возьми. Отпусти». И рука повиновалась указаниям. Джейн произносила команды вслух, но это не обязательно. Между ее мозгом и роботизированной рукой существовала прямая связь. Джейн рассказывала, что ее мозг не научился управлять рукой, хотя был лишен этой возможности десять лет. «Это как кататься на велосипеде», – пояснила она.



Электрические сигналы из мозга Джейн расшифровывались, и бионическая рука исполняла команды. Повинуясь мыслям, рука делала точные движения, пальцы плавно сжимались и разжимались, запястье поворачивалось и сгибалось.

Успехи Джейн указывают на будущее, в котором мы воспользуемся техническими достижениями, чтобы расширить возможности своего тела, не только заменяя конечности или органы, но и улучшая их – превращая человеческую хрупкость в нечто более долговечное. Роботизированная рука – всего лишь первая ласточка грядущей бионической эры, в которой мы сможем управлять более мощными и надежными устройствами, чем кожа и мускулы, более прочными, чем кости. Помимо всего прочего, это открывает новые возможности для космических путешествий, к условиям которых плохо приспособлены наши нежные тела.

Совершенствование интерфейса, связывающего мозг с разнообразными механизмами, открывает путь не только к замене конечностей, но и к более экзотическим применениям. Представьте, что вы приобрели необычные способности. Начните со следующей мысли: допустим, сигналы вашего мозга могут дистанционно управлять устройствами, находящимися в комнате. Например, вы отвечаете на письма, а двигательная кора мозга одновременно управляет пылесосом, который подчиняется вашей мысли. На первый взгляд эта идея выглядит нереализуемой, но следует помнить, что мозг хорошо умеет решать задачи в фоновом режиме, не подключая к ним сознание. Вспомните, с какой легкостью вы управляете автомобилем, одновременно беседуя с пассажиром или вращая ручку настройки радиоприемника.

При наличии соответствующего интерфейса и технологии беспроводной связи вы вполне могли бы дистанционно – силой мысли – управлять и большими механизмами, такими как подъемный кран или погрузчик, и одновременно ковыряться в саду или играть на гитаре. Способность хорошо справляться с этими задачами усиливалась бы сенсорной обратной

связью, которая может быть зрительной (вы видите движение механизмов) или даже непосредственной, когда данные поступают в вашу соматосенсорную кору (вы чувствуете движение механизмов). Управление такими «конечностями» потребует обучения, и поначалу манипуляции будут неловкими – так новорожденный несколько месяцев просто дрыгает ручками и ножками, прежде чем научится точным движениям. Со временем такие механизмы практически превратятся в дополнительную руку, необыкновенно прочную и сильную, и вы будете ощущать их так же, как теперь чувствуете свои руки и ноги. Они станут еще одной конечностью – нашим расширением.

Нам неизвестно теоретическое ограничение на вид сигналов, которые способен воспринимать мозг. Не исключено, что мы можем иметь почти любое физическое тело и взаимодействовать с внешним миром так, как пожелаем. Нет никаких причин, почему наше расширение не может выполнять работу на другом конце планеты или добывать полезные ископаемые на Луне, в то время как мы сами наслаждаемся сэндвичем.

Тело, которое нам дается при рождении, на самом деле всего лишь отправная точка для человечества. В далеком будущем мы расширим не только свое физическое тело, но и представление о нас самих. Новое сенсорное восприятие и управление новыми телами вызовет глубокие изменения в личности: наши физические характеристики создают основу того, как мы чувствуем, как думаем, определяют, кто мы такие. Избавившись от ограничений, налагаемых нашими органами чувств и нашим телом, мы станем другими. Далеким потомкам будет трудно понять, какими мы были, что было для нас важно. На данном этапе истории у нас больше общего с предками из каменного века, чем с ближайшими потомками.

Остаться в живых

Мы уже начали дополнять человеческое тело, но достигнутые успехи не устраняют одного препятствия, которое очень трудно обойти: наш мозг и тело состоят из живой материи. Они изнашиваются и умирают. Настанет момент, когда вся нервная деятельность прекратится и уникальное, ни с чем не сравнимое состояние, которое мы называем самосознанием, перестанет существовать. И не важно, кто вы и что вы делаете: такова судьба всех людей. На самом деле такова судьба всего живого, но только люди могут заглядывать в будущее и страдают от этого знания.

Но не все согласны страдать. Некоторые предпочитают бороться со смертью. Разные группы исследователей заинтересовались идеей, что знание нашей биологии может влиять на мораль. Что, если в будущем смерть не станет неизбежной?

После кремации моего друга Фрэнсиса Крика я какое-то время размышлял над тем, что стыдно было отправлять в огонь его нервные клетки. Этот мозг был вместительным хранилищем знаний, мудрости и интеллекта одного из крупнейших биологов XX в. Весь архив его жизни – воспоминания, интуиция, чувство юмора – хранился в физической структуре мозга. Все согласились выбросить устройство, где это было записано, просто потому что у его владельца остановилось сердце. И я подумал: есть ли какой-то способ сохранить информацию, которой обладает мозг? Можно ли, сохранив мозг, вернуть к жизни мысли, сознание и личность человека?

На протяжении последних пятидесяти лет Alcor Life Extension Foundation разрабатывал технологию, которая, как предполагается, позволит живущим сегодня людям в далеком будущем насладиться еще одним жизненным циклом. В настоящее время эта организация хранит тела 129 людей в состоянии глубокой заморозки, предотвращающей биологическое разложение тканей.

Криоконсервация устроена следующим образом. Сначала заинтересованная сторона отписывает фонду свой полис страхования жизни. Затем, после официальной констатации смерти, в дело вступает Alcor. Тело умершего забирает местное отделение фонда.

Тело немедленно помещают в контейнер со льдом. В процессе, который получил название криозащитной перфузии, шестнадцать разных химических веществ защищают клетки охлаждающегося тела. Затем тело как можно быстрее перевозят в операционную Alcor для последнего этапа процедуры. Насосы с компьютерным управлением подают инертный газ азот чрезвычайно низкой температуры, чтобы как можно быстрее охладить тело до $-124\text{ }^{\circ}\text{C}$ и избежать образования льда. Этот процесс занимает три часа, и по его окончании тело становится «остеклованным», то есть переходит в стабильное состояние без образования льда. Затем в течение следующих двух недель его охлаждают до $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Не все клиенты выбирают заморозку всего тела. Менее дорогостоящий вариант – сохранить только голову. Отделение головы от тела производится на хирургическом столе; из головы удаляется кровь и другие жидкости (как и в случае всего тела), и их заменяют специальными растворами, удерживающими ткани на месте.

На заключительном этапе процедуры тело клиента помещают в охлажденную до сверхнизкой температуры жидкость в гигантском стальном цилиндре, который называется сосудом Дьюара. Там тела останутся надолго; сегодня ни один человек на нашей планете не знает, как «воскресить» этих людей. Но это не важно.



Официальная и биологическая смерть

Человека официально признают мертвым, когда либо наступает клиническая смерть мозга, либо происходит необратимая остановка дыхания и кровообращения. Смертью мозга считается прекращение всякой активности в коре, осуществляющей высшие функции. После смерти мозга жизненные функции организма могут поддерживаться ради донорства органов, и этот факт чрезвычайно важен для Alcor. Биологическая смерть наступает в отсутствие вмешательства и предполагает смерть всех клеток тела как в мозгу, так и в органах – в этом случае органы не пригодны для трансплантации. Без кислорода, поступающего из крови, клетки тела быстро погибают. Чтобы максимально сохранить тело и мозг, необходимо как можно быстрее остановить или по крайней мере замедлить гибель клеток. Кроме того, в процессе охлаждения главной задачей становится

предотвращение образования кристаллов льда, которые могут разрушить хрупкие клеточные структуры.



В каждом из этих сосудов Дьюара при температуре -196°C хранятся четыре тела и до пяти голов.

Есть надежда, что однажды технические достижения позволят аккуратно разморозить, а затем и оживить хранящиеся в сосудах тела. Предполагается, что цивилизация далекого будущего овладеет технологиями, позволяющими излечить болезни, жертвами которых стали эти люди.

Заклучившие договор с фондом Alcor понимают, что технология их оживления может никогда не появиться. Каждый, чье тело находится в сосуде Дьюара, решил на «прыжок в неизвестность», надеясь и мечтая, что когда-нибудь изобретут технологию, которая разморозит его, оживит и даст шанс на вторую жизнь. Они сделали ставку на то, что такая технология будет разработана. Я разговаривал с одним из членов сообщества Alcor (когда придет срок, его поместят в сосуд Дьюара), и он согласился, что все это похоже на азартную игру. Однако он, по крайней мере, получает отличный от нуля шанс обмануть смерть – больший, чем у кого-либо из нас.

Доктор Макс Мор, руководитель лаборатории Alcor, избегает слова «бессмертие». Он говорит, что Alcor дает людям шанс на вторую жизнь, возможность прожить тысячи лет или даже больше. А пока Alcor остается местом их последнего упокоения.

Цифровое бессмертие

Не все, кто озабочен продлением жизни, отдают предпочтение криоконсервации. Есть и другое направление исследований – поиски иных способов доступа к хранящейся в мозгу информации, не путем оживления умершего человека, а путем непосредственного чтения этих данных. В конце концов, все ваши знания и память записаны в мельчайшей структуре мозга. Почему бы не расшифровать эту книгу?

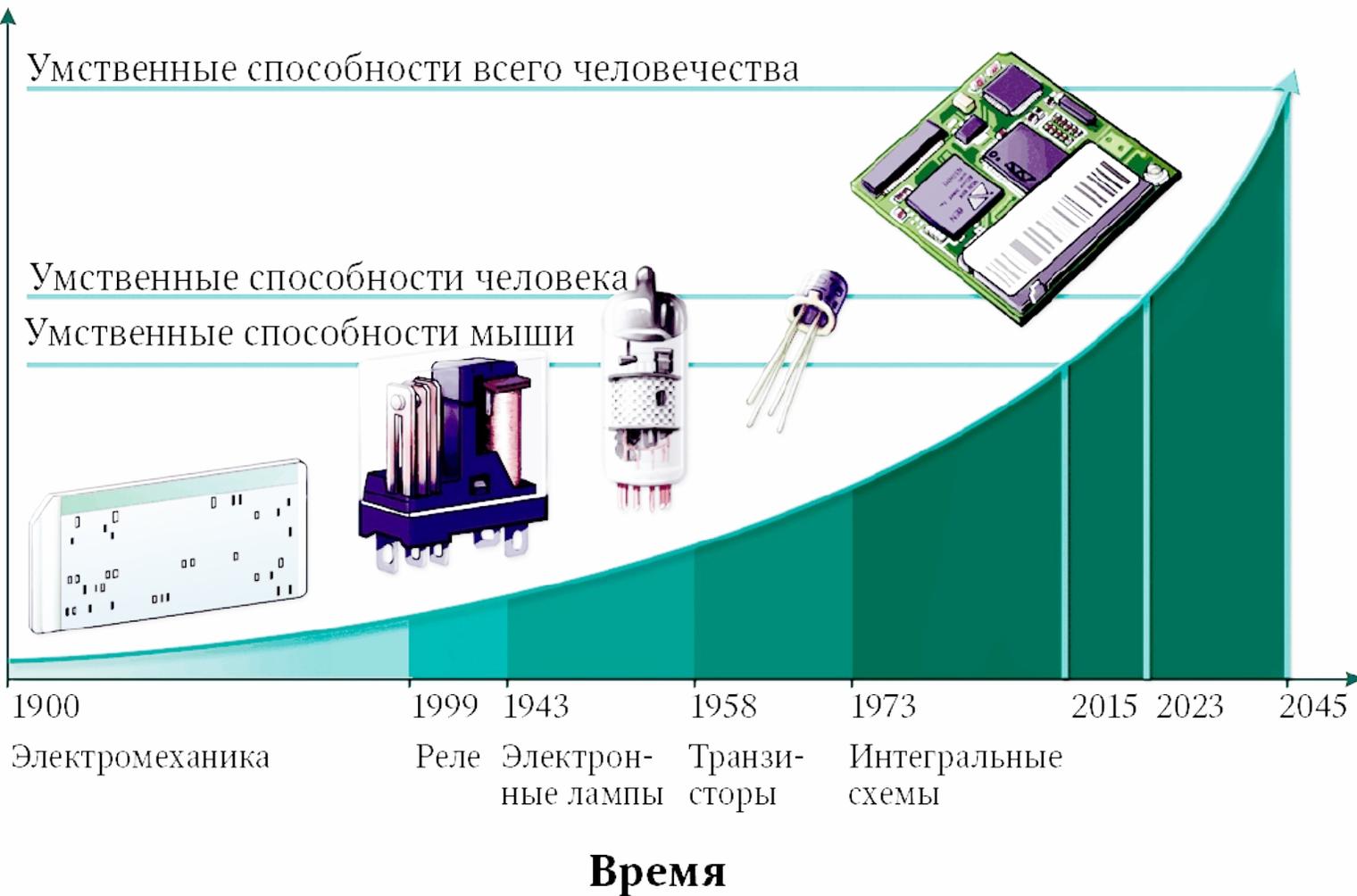
Попробуем понять, что для этого требуется. Во-первых, нам понадобятся сверхмощные компьютеры, способные хранить подробные данные о конкретном мозге. К счастью, экспоненциальный рост производительности компьютеров позволяет предположить, что такая возможность у нас будет. За последние двадцать лет производительность компьютеров возросла в тысячу раз. Вычислительная мощность процессоров удваивается приблизительно каждые полтора года, и эта тенденция сохраняется. Современные технологии позволяют нам хранить невероятные объемы данных и выполнять гигантские по масштабу симуляции.



Двадцать лет назад мощность этого суперкомпьютера равнялась мощности всех остальных компьютеров на планете. Через двадцать лет эта мощность будет считаться скромной – подобное вычислительное устройство уменьшится в размерах, и его можно будет носить на теле.

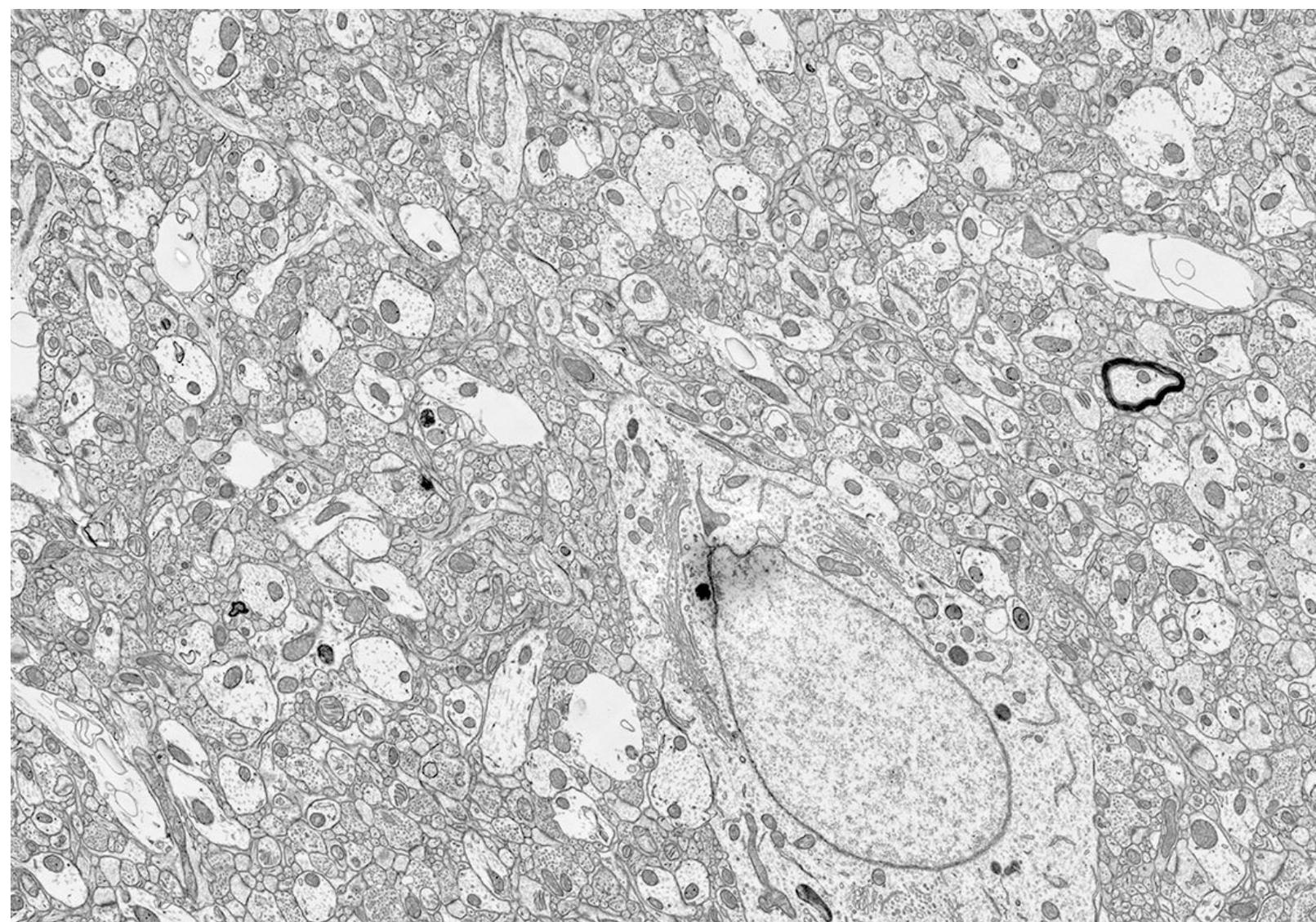
Рост вычислительной мощности со временем

Операций в секунду из расчета \$10000



Скорость технологических изменений

В 1965 г. Гордон Мур, один из основателей компьютерного гиганта Intel, высказал предположение о скорости роста вычислительной мощности компьютеров. Закон Мура предсказывает, что транзисторы уменьшаются в размерах и их число на полупроводниковом кристалле будет удваиваться каждые два года, что приводит к экспоненциальному росту вычислительной мощности компьютеров. Предсказание Мура подтверждалось на протяжении всех прошедших десятилетий и стало выражением экспоненциального роста скорости технологических изменений. Закон Мура используется производителями компьютеров для долгосрочного планирования и постановки задач совершенствования технологии. Поскольку закон предсказывает экспоненциальное, а не линейное технологическое развитие, то некоторые исследователи полагают, что при сохранении сегодняшних темпов следующие 100 лет будут эквивалентны предыдущим 20 000. В таком случае можно ожидать коренных изменений в технологии, которую мы используем.



Срез коннектома: эти удивительные двумерные изображения являются первым шагом к получению самой сложной в мире схемы соединений. Маленькие черные точки – это ДНК внутри отдельных клеток; правильные окружности на изображении – крошечные сферические пузырьки нейротрансмиттеров.

Учитывая потенциал развития вычислительной техники, можно предположить, что когда-нибудь у нас появится возможность скопировать рабочую копию человеческого мозга. Теоретически этому ничто не препятствует, однако следует реалистически оценивать сложность подобной задачи.

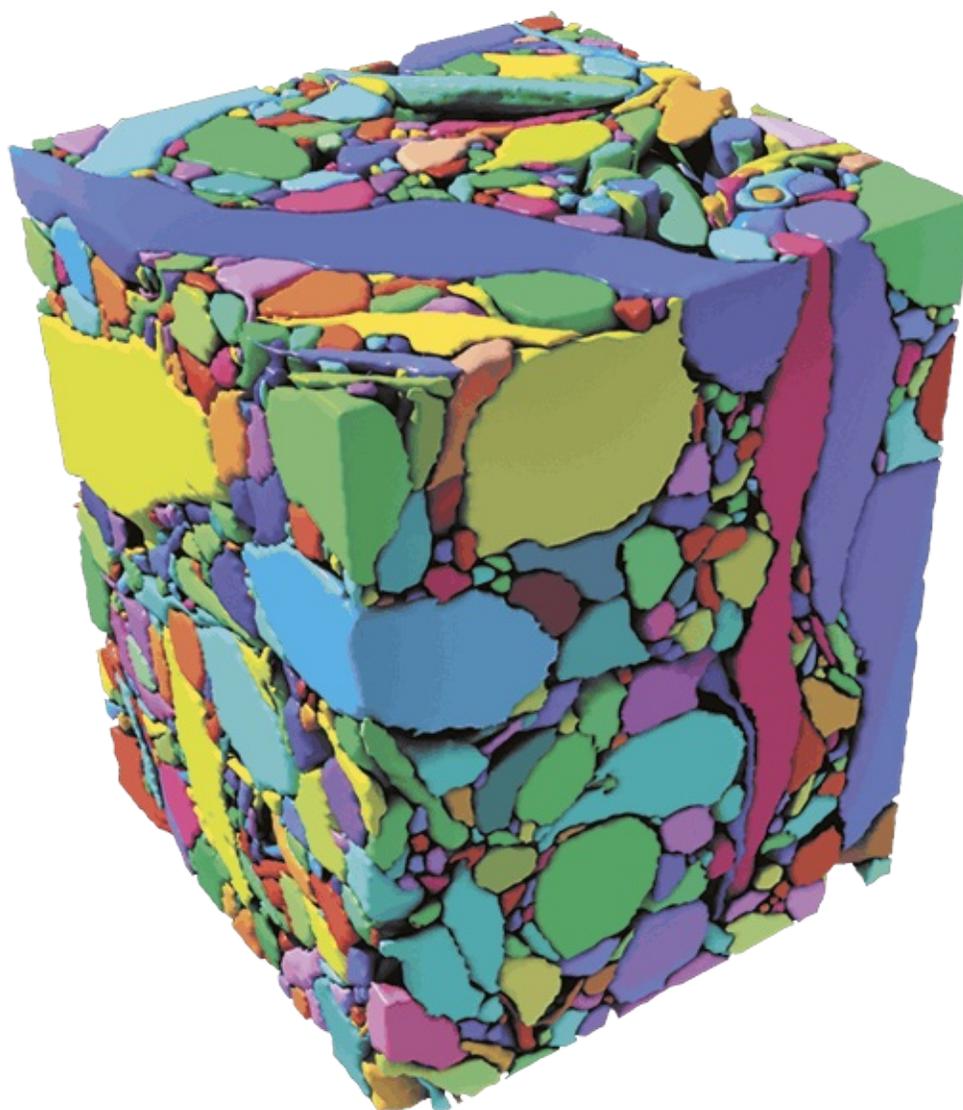
Мозг человека состоит в среднем из 86 миллиардов нейронов, у каждого из которых имеется около 10 тысяч связей. Все нейроны соединены между собой особым образом, уникальным для каждого человека. Опыт, память – все, что определяет вашу личность, – представлено неповторимой структурой квадриллиона связей между клетками мозга. Эта структура – слишком большая, чтобы ее можно было представить, – получила название «коннектом». Группа доктора Себастьяна Сына из Принстонского университета работает над амбициозным проектом, выясняя строение коннектома.

Для такой микроскопической и сложной структуры составить карту соединений очень трудно. Доктор Сын использует метод последовательной электронной микроскопии, при котором берутся очень тонкие срезы ткани мозга. (На данном этапе анализируется мозг мыши, а не человека.) Каждый срез делится на крошечные области, которые сканируются

сверхмощным электронным микроскопом. В результате получается картинка, которую назвали электронной микрофотографией: на ней отображается участок мозга, увеличенный в сто тысяч раз. При таком разрешении можно увидеть тонкую структуру мозга.

Изображения срезов загружаются в компьютер, и начинается чрезвычайно сложная работа. Границы клеток в каждом срезе тщательно отслеживаются – поначалу вручную, но теперь все чаще применяются специальные алгоритмы. Затем изображения накладываются друг на друга и делается попытка показать все клетки срезов – получить полное трехмерное изображение исследуемого образца. Эта трудоемкая работа позволяет создать модель, отображающую связи нейронов.

Плотный клубок связей в образце величиной с булавочную головку – это лишь миллиардная доля мозгового вещества. Нетрудно понять, почему реконструкция полной картины связей в мозгу представляет собой такую трудную задачу и почему не стоит рассчитывать на ее скорое решение. Для этого необходим гигантский объем данных: для хранения архитектуры одного человеческого мозга во всех подробностях потребуется емкость размером в зеттабайт, что сопоставимо с объемом всей имеющейся в настоящее время цифровой информации на планете.



Этот крошечный образец мозговой ткани мыши содержит приблизительно 300 связей (синапсов). Образец такого размера в 2 000 000 000 раз меньше всего мозга мыши или примерно в 5 000 000 000 000 раз меньше мозга человека.

Попробуем заглянуть в далекое будущее и представить, что мы можем получить скан *вашего* коннектома. Достаточно ли этой информации, чтобы отобразить вашу личность? Может ли мгновенный снимок всех нейронных сетей вашего мозга отражать сознание – *ваше* сознание? Вероятно, нет. Ведь схема соединений (на которой показаны связи) – это лишь половина магии работающего мозга. Вторая половина состоит из электрической и химической активности, которая имеет место в этих связях. Алхимия мысли, чувства или сознания возникает в результате квадриллионов взаимодействий между клетками, которые происходят каждую секунду: выработка химических соединений, изменение формы белков, передача волн электрического возбуждения по аксонам нейронов.

Возьмите необыкновенную сложность коннектома и умножьте на гигантское количество событий, которые каждую секунду происходят во всех этих соединениях, и вы получите представление о масштабе задачи. К сожалению, такие сложные системы человеческий мозг проанализировать не в состоянии. Однако наши вычислительные мощности постоянно растут, что в конечном итоге открывает возможность для симуляции системы. Поэтому следующая задача заключается в том, чтобы не просто понять систему, но и заставить ее работать.

Именно над такой симуляцией работает группа исследователей из Федеральной политехнической школы Лозанны (EPFL) в Швейцарии. Они поставили перед собой цель к 2023 г. разработать программное обеспечение и аппаратную инфраструктуру, которые способны выполнить симуляцию всего человеческого мозга. Human Brain Project – это амбициозный проект, который получает данные из всех нейробиологических лабораторий на нашей планете, от информации об отдельных клетках (их составе и структуре) до данных о коннектом и рисунков возбуждения больших групп нейронов. Очень медленно и постепенно каждое новое открытие ученых из любого уголка земли дает крошечный фрагмент гигантской головоломки. Цель Human Brain Project – создать симуляцию мозга, которая использует подробную информацию о нейронах, воспроизводит их структуру и поведение. Несмотря на эту амбициозную цель и более миллиарда евро, выделенных Европейским союзом, мозг человека пока еще остается абсолютно недоступным. Ближайшая цель – симуляция мозга мыши.



Последовательная электронная микроскопия и коннектом

Данные из окружающей среды преобразуются в электрохимические сигналы, которые передаются клетками мозга. Это первый этап обработки мозгом информации из внешнего мира.

Описание плотного клубка миллиардов взаимосвязанных нейронов требует специальной технологии, а также самого острого в мире лезвия. Метод, получивший

название «последовательная сканирующая электронная микроскопия», позволяет из крошечных срезов мозговой ткани получить трехмерные модели нейронных путей с нанометровым (одна миллиардная метра) разрешением.

Алмазное лезвие, встроенное в микроскоп, отрезает тончайшие слои от крошечного образца мозга. Получается последовательный набор ультратонких срезов, каждый сканируется электронным микроскопом. Сканы в цифровой форме накладываются друг на друга, образуя трехмерное изображение.

Составленная из множества слоев модель представляет собой клубок переплетенных нейронов. С учетом того, что каждый нейрон длиной от 4 до 100 миллиардных долей метра может иметь до 10 000 ответвлений, это необычайно сложная задача. Для составления схемы всего человеческого коннектома потребуется несколько десятилетий.



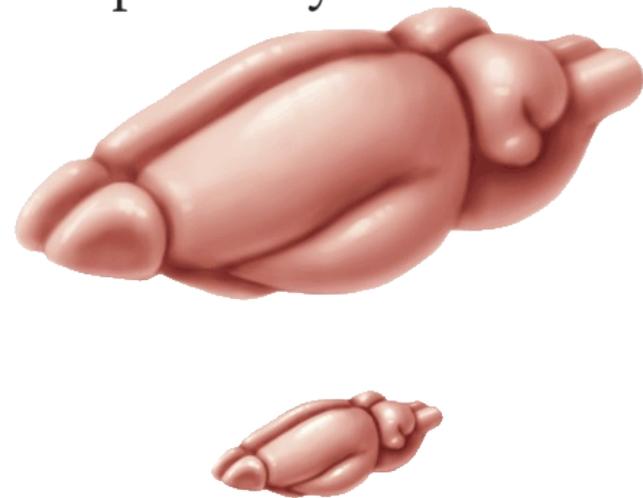
Human Brain Project: большая группа исследователей из Швейцарии собирает данные из лабораторий всего мира; их конечная цель – создать работоспособную симуляцию всего мозга.

Мы находимся лишь в самом начале пути к получению полной схемы человеческого мозга и к симуляции его работы, но никаких теоретических препятствий к решению этой задачи нет. Главный вопрос в другом: будет ли работоспособная симуляция мозга обладать сознанием? Если мы ни в чем не ошибемся, получится ли в результате разумное существо? Будет ли оно мыслить и осознавать себя?

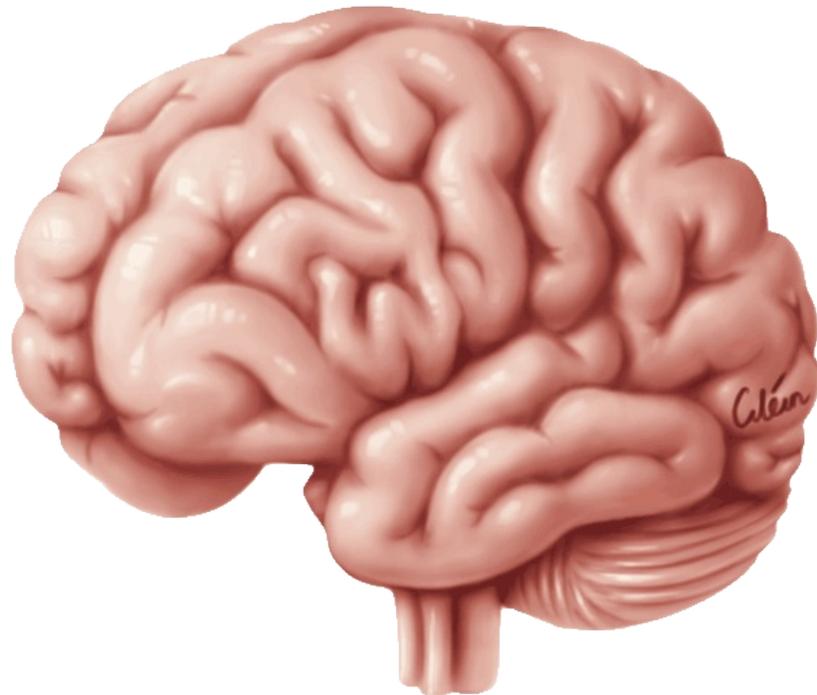
Требует ли сознание материальной основы?

Если компьютерную программу можно запускать на разном оборудовании, то вполне возможно, что программа разума тоже может выполняться на других платформах. Попробуем сформулировать это по-другому: что, если в самой биологии нейронов нет ничего особенного и личность человека определяется только их взаимодействием? Эта точка зрения известна как вычислительная модель мозга. Суть ее заключается в том, что нейроны, синапсы и другие биологические элементы не являются критически важными. Главное – вычисления, которые они обеспечивают. То есть значение имеет не физическая основа мозга, а его действия.

3-кратное увеличение



Мозг крысы: 2 г



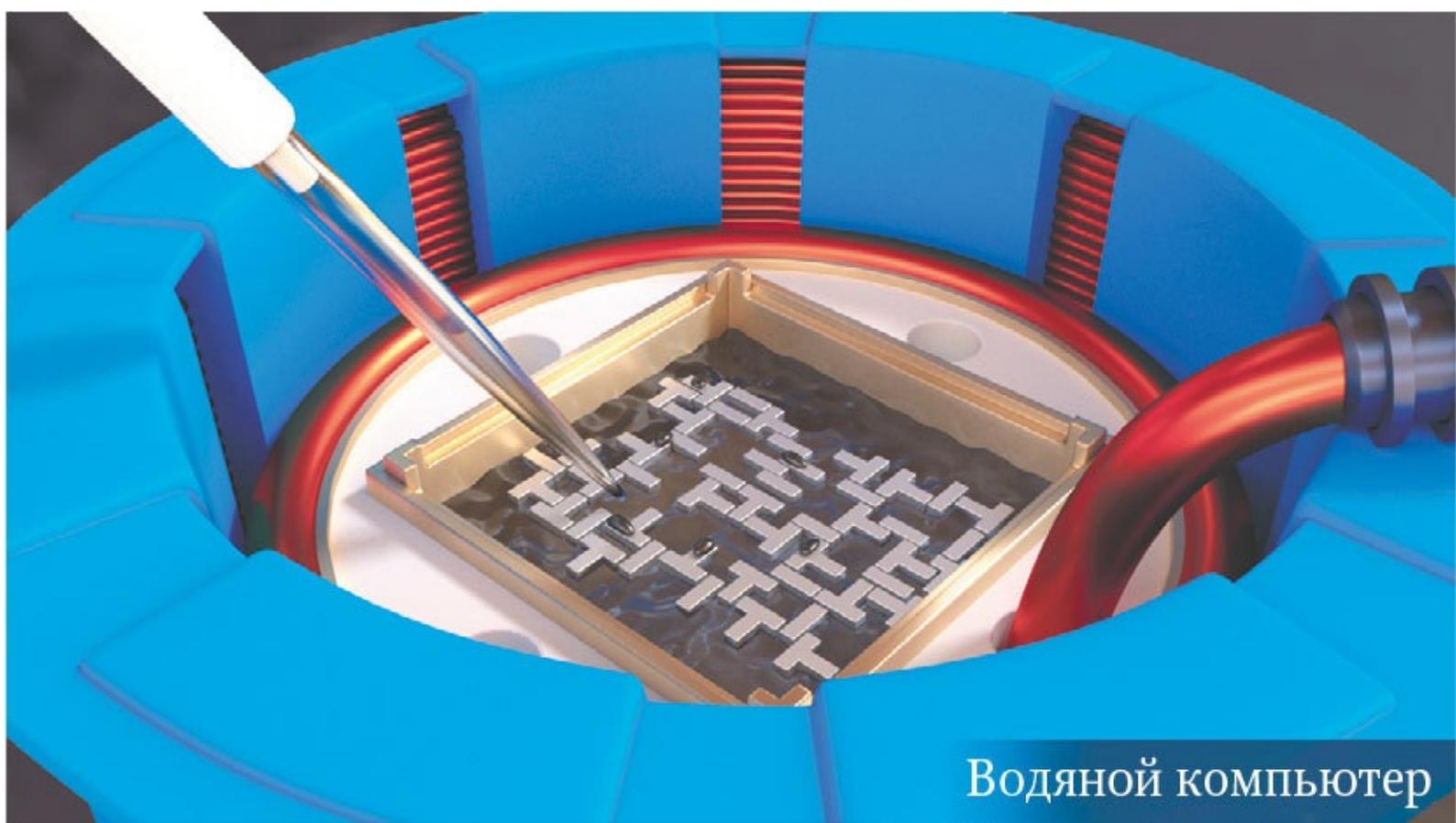
Мозг человека: 1400 г

Мозг крысы

На протяжении всей человеческой истории у крыс была плохая репутация, однако для современной биологии крысы (и мыши) практически незаменимы в определенных видах исследований. Мозг у крысы больше, чем у мыши, но у обеих есть важное сходство с человеческим мозгом – в частности, в организации коры головного мозга, внешнего слоя, который играет главную роль в абстрактном мышлении.

Внешний слой человеческого мозга, или кора, образует складки, чтобы ее поместилось как можно больше в пространстве черепа. Если расправить кору головного мозга взрослого человека, ее площадь составит 2500 квадратных сантиметров (как небольшая скатерть). Мозг крысы, наоборот, относительно гладкий. Несмотря на явные различия во внешнем виде и размере, на клеточном уровне оба мозга очень похожи.

Под микроскопом отличить нейрон крысы от нейрона человека практически невозможно. У мозга крысы и мозга человека сходные структуры, и они прошли одни и те же стадии развития. Крысы способны решать когнитивные задачи от различения запахов до нахождения выхода из лабиринта, и это позволяет исследователям соотносить активность их нейронов с выполнением тех или иных действий.



Водяной компьютер



Компьютер из лего

Вычислительные устройства не обязательно должны быть изготовлены из кремния – они могут состоять из движущихся капелек воды или деталей конструктора лего. Значение имеет не то, из чего сделан компьютер, а как взаимодействуют его составляющие.

Если эта гипотеза подтвердится, то теоретически мозг можно создать из любого материала. Если вычисления выполняются правильно, то все чувства и действия будут результатом

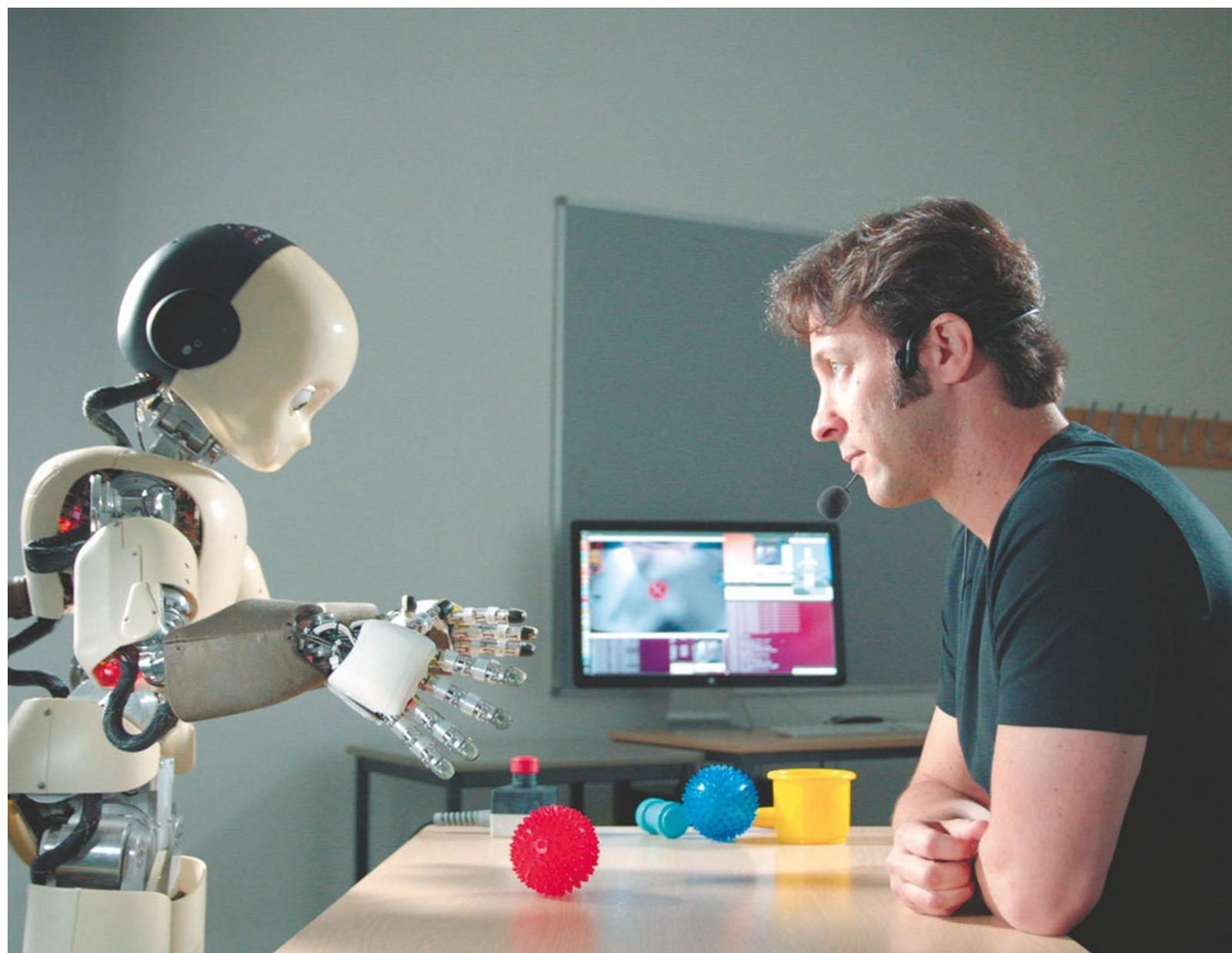
сложных связей внутри нового материала. Теоретически можно взять другие клетки, а электричество заменить кислородом: средство не имеет значения, если все элементы должным образом соединены и правильно взаимодействуют. Так мы получим возможность «запускать» полностью работоспособную симуляцию личности в отсутствие биологического мозга. Согласно вычислительной модели, такая симуляция действительно будет эквивалентна исходной.

Вычислительная модель мозга является лишь гипотезой, то есть мы не знаем, верна ли она. В конце концов, вполне возможно, что в нашей биологии есть нечто особенное, еще неизвестное нам, и в этом случае мы привязаны к той биологии, с которой пришли в этот мир. Если же вычислительная модель верна, то разум может жить и в компьютере.

Если симулировать мозг все же возможно, возникает следующий вопрос: должны ли мы для этого копировать традиционный биологический путь или можно создать другую разновидность разума – изобретенного нами, с нуля?

Искусственный интеллект

Люди давно пытались создать думающие машины. Это направление исследований – искусственный интеллект – возникло еще в 1950-х гг. Первые исследователи были полны оптимизма, но проблема неожиданно оказалась чрезвычайно сложной. Скоро у нас появятся машины без водителя, а с тех пор, как компьютер победил шахматного гроссмейстера, прошло уже два десятилетия, однако цель создания действительно разумной машины еще не достигнута. В детстве мне казалось, что, когда я вырасту, уже появятся роботы, которые будут заботиться о нас и с которыми можно будет вести содержательную беседу. Тот факт, что до создания таких машин еще очень далеко, свидетельствует о сложности такой загадки, как работа мозга, а также о том, что мы находимся только в начале пути к раскрытию тайн Природы.



«Почему бы нам, вместо того чтобы пытаться создать программу, имитирующую ум взрослого, не попытаться создать программу, которая бы имитировала ум ребенка?» – писал

Алан Тьюринг в 1950 г. В исследовательских лабораториях всего мира проводятся эксперименты с 29 одинаковыми роботами iCub, которые объединены в общую сеть и могут делиться своими знаниями.

Одна из последних попыток создать искусственный интеллект была предпринята в Англии, в Плимутском университете. Устройство под названием iCub представляло собой гуманоидного робота, который был задуман и спроектирован так, чтобы развиваться подобно ребенку. Обычно роботы программируются для выполнения определенных задач, но что, если роботов наделить способностью развиваться, как развивается младенец, – взаимодействуя с окружающим миром, подражая взрослым и обучаясь на примерах? В конце концов, дети появляются на свет, не умея ни ходить, ни говорить, однако они наделены любопытством, наблюдательностью и способностью к подражанию. Младенцы используют окружающий мир как учебник и учатся на примере. Способен ли робот вести себя так же?

iCub растет с двухлетнего ребенка. У него есть глаза, уши и тактильные датчики, что позволяет ему взаимодействовать с окружающим миром и познавать его.

Если вы показываете iCub предмет и называете его («это красный мяч»), компьютерная программа сопоставляет зрительный образ объекта с вербальным обозначением. Таким образом, когда вы в следующий раз показываете красный мяч и спрашиваете, что это, робот ответит: «Красный мяч». Цель в том, чтобы каждое взаимодействие расширяло базу знаний робота. Изменяя связи в своей внутренней программе, он создает набор подходящих ответов.

Робот часто ошибается. Если вы покажете несколько предметов и попросите iCub назвать их, то услышите несколько ошибочных ответов и много раз повторенное «не знаю». Все это – составная часть процесса обучения и хорошая иллюстрация того, насколько сложно создать интеллект.

Я провел довольно много времени в лаборатории, взаимодействуя с iCub, и должен признаться, что это впечатляющий проект. Но чем дальше, тем очевиднее становился тот факт, что программу нельзя назвать разумной. Несмотря на большие глаза, дружелюбные интонации и детские движения, робот iCub не разумен. Он управляется строками программы, а не ходом мыслей. Хотя мы только приступаем к созданию искусственного интеллекта, я не могу удержаться от старого и глубокого философского вопроса: способны ли строки компьютерного кода думать? Робот iCub может ответить: «Красный мяч», – но воспринимает ли он красный цвет и понятие сферы? Делают ли компьютеры только то, на что запрограммированы, или они действительно накапливают внутренний опыт?

Может ли компьютер мыслить?

Можно ли компьютер запрограммировать таким образом, чтобы он обладал сознанием, разумом? В 1980-х гг. философ Джон Серл предложил мысленный эксперимент, который обращается к самой сути этого вопроса. Серл назвал его «Китайская комната».

Эксперимент устроен следующим образом. Я сижу в запертой комнате. Через узкую щель мне передают листки с вопросами на китайском языке. Я не знаю китайского. Я понятия не имею, что написано на этих листках бумаги. Но в комнате у меня есть библиотека с пошаговыми инструкциями, которые подробно объясняют, что делать с полученными символами. Я смотрю на символы и просто выполняю инструкцию из книги, в которой объясняется, из каких китайских иероглифов должен состоять ответ. Я записываю их и просовываю листок в щель.



В мысленном эксперименте «Китайская комната» человек в камере манипулирует символами. Это вводит в заблуждение носителя языка, который думает, что человек в камере знает китайский.

Когда человек, знающий китайский язык, получает мой ответ, записка кажется ему осмысленной. Создается впечатление, что тот, кто находится в комнате, должен понимать по-китайски – ведь он дает правильные ответы. Я обманул носителя языка, поскольку только выполнял инструкции, на самом деле не понимая, что происходит. Имея в своем распоряжении достаточно времени и достаточный набор инструкций, я могу ответить почти на

все вопросы на китайском языке. Но я не понимаю китайского языка, а только манипулирую символами, не имея ни малейшего представления, что они означают.

Серл утверждал, что именно это и происходит внутри компьютера. Независимо от сложности программы, например, как у iSub, она лишь выполняет набор инструкций, чтобы выдать нужный ответ, – манипулирует символами, не понимая смысла своих действий.

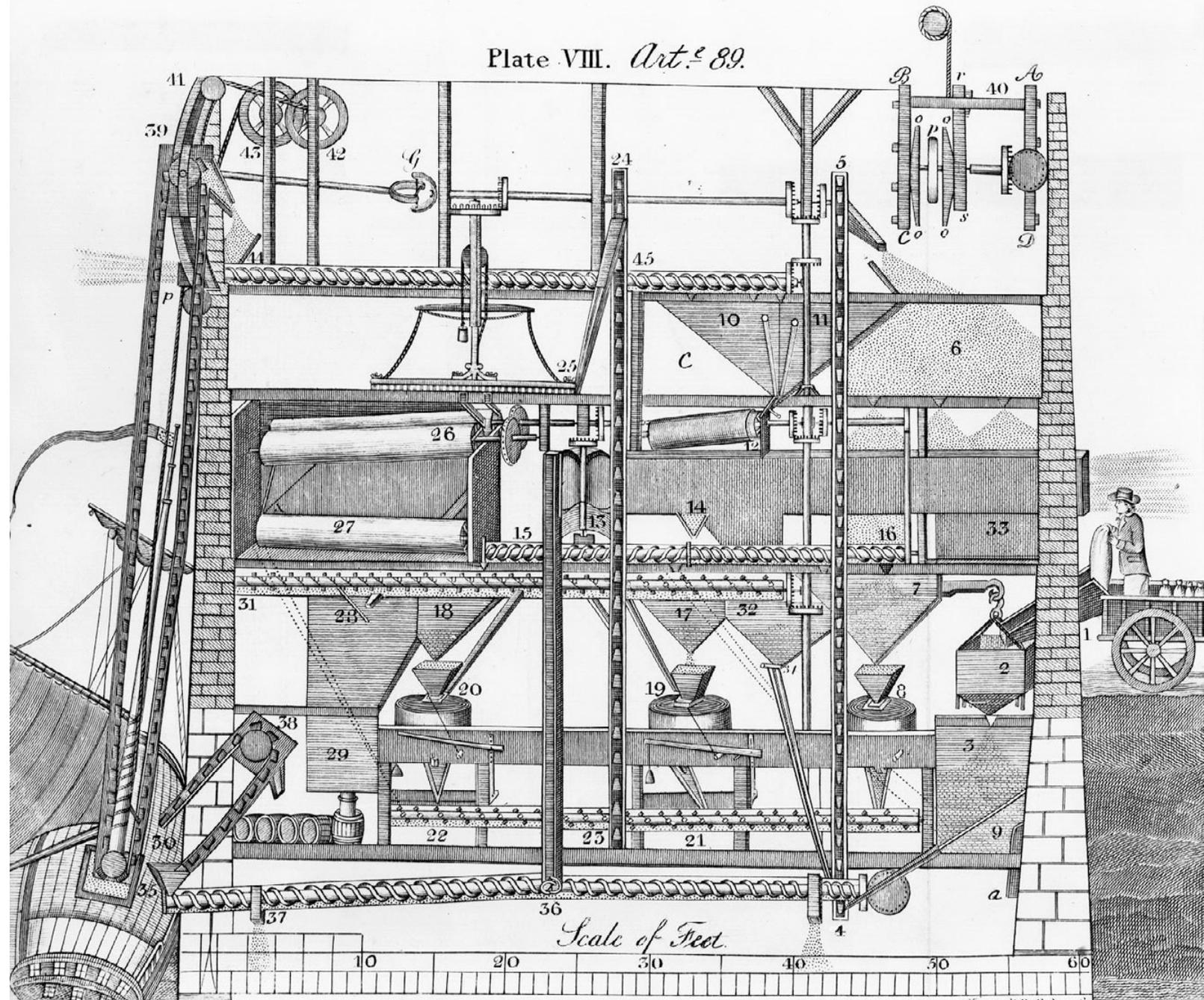
Примером реализации этого принципа может служить Google. Когда вы отправляете запрос, поисковая система не понимает ни вашего вопроса, ни своего ответа: она просто пропускает нули и единицы через логический фильтр и возвращает вам нули и единицы. С помощью такой потрясающей программы, как Google Translate, я могу ввести фразу на суахили и получить перевод на венгерский. Но все это делает алгоритм. Он манипулирует символами, как человек в «Китайской комнате». Google Translate не понимает предложение, которое переводит; оно для него не имеет смысла.

Эксперимент «Китайская комната» показывает, что создаваемые нами компьютеры, которые имитируют человеческий интеллект, на самом деле не понимают, о чем идет речь; все их действия лишены смысла. Серл использовал этот мысленный эксперимент для доказательства того, что в мозгу человека есть нечто такое, что невозможно объяснить посредством аналогии с цифровым компьютером. Между бессмысленными символами и нашим сознательным восприятием пролегает глубокая пропасть.

Споры по поводу интерпретации «Китайской комнаты» продолжаются, но в любом случае этот аргумент подчеркивает удивительную загадку: каким образом физические элементы складываются в наше ощущение себя как живого существа в этом мире. При любой попытке симулировать или создать разум, подобный человеческому, мы сталкиваемся с главным из неразрешенных вопросов нейробиологии: как такое богатое и глубоко субъективное явление, как сознание – укол боли, краснота красного, вкус грейпфрута, – возникает из миллиардов маленьких клеток мозга, выполняющих простейшие операции? Сама по себе клетка может немного. Каким образом миллиарды этих действий складываются в субъективное восприятие собственной личности?

Больше чем сумма

В 1714 г. Готфрид Вильгельм Лейбниц заявил, что одна лишь материя не может произвести разум. Немецкий философ и математик Лейбниц был человеком энциклопедических знаний; иногда его называли «последним человеком, который знает все». Он считал, что мозговая ткань не может иметь внутренней жизни. Ученый предложил мысленный эксперимент, известный как «мельница Лейбница». Представьте себе большую мельницу. Войдя внутрь, вы увидите движущиеся шестерни и рычаги, но было бы нелепым предположить, что мельница обладает мыслями, чувствами или восприятием. Разве может мельница влюбиться или любоваться закатом? Это всего лишь механизм. То же самое относится к мозгу, утверждал Лейбниц. Если увеличить мозг до размеров мельницы и обойти его изнутри, вы увидите только элементы, из которых он состоит. Ничего такого, что соответствовало бы восприятию. Просто все части взаимодействуют друг с другом. Зарегистрировав каждое взаимодействие, вы не смогли бы показать вместилище чувств, мыслей и восприятия.



Мельница состоит из механических деталей, взаимодействующих друг с другом, но никому не придет в голову заявить, что мельница мыслит. Что же такого необычного происходит в мозгу, который тоже состоит из множества элементов?

Заглянув внутрь мозга, мы обнаружим там нейроны, синапсы, химические трансмиттеры, электрические сигналы. Мы увидим миллиарды активных, взаимодействующих между собой клеток. А где же там мы? Где наши мысли? Наши чувства? Где радость или восприятие синего цвета? Неужели наша личность состоит просто из вещества? Лейбниц считал, что разум нельзя объяснить с помощью механики.

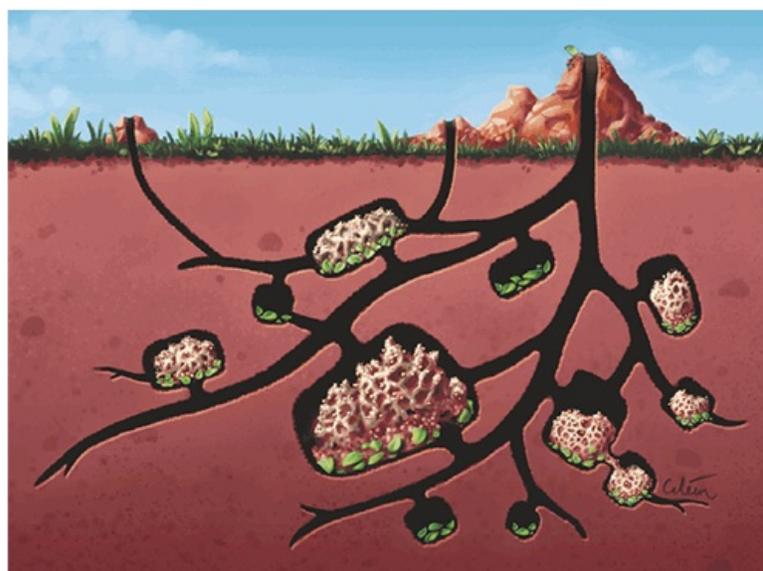
Но может быть, в рассуждения Лейбница вкралась ошибка? Может, он пропустил нечто важное, когда представлял устройство мозга? Может, аналогия с прогулкой внутри мельницы не годится для решения вопроса о сознании?

Сознание как эмергентное свойство

Чтобы понять человеческое сознание, нам, возможно, придется оперировать не компонентами, из которых состоит мозг, а взаимодействием этих компонентов. Если мы хотим увидеть, как простые элементы могут образовать нечто большее, чем они сами, достаточно взглянуть на ближайший муравейник.

Несколько миллионов муравьев-листорезов, образующих колонию, сами выращивают себе пищу, как фермеры. Часть муравьев выходит из гнезда на поиски свежей зелени; найдя подходящие листья, они отгрызают большие куски и тащат их в гнездо. Однако муравьи не едят эти листья. Рабочие особи меньшего размера пережевывают листья и используют их как удобрение для выращивания грибов в подземных «садах». Муравьи ухаживают за грибницей, на которой созревают маленькие плодовые тела – именно они идут в пищу муравьям. (Симбиоз стал настолько прочным, что грибы уже не способны размножаться сами; их существование полностью зависит от муравьев.) Используя эту успешную сельскохозяйственную стратегию, муравьи строят огромные подземные гнезда площадью несколько сотен квадратных метров. Подобно человеку, они создали сельскохозяйственную цивилизацию.

У этой цивилизации есть важная особенность: хотя колония является сверхорганизмом с удивительными свойствами, поведение каждого муравья примитивно. Он просто подчиняется локальным правилам. Муравьиная матка не отдает приказы и не координирует поведение остальных. Отдельный муравей лишь реагирует на локальные химические сигналы от других муравьев, личинок, незваных гостей, пищи, отходов или листьев. Каждая особь – это маленькая автономная единица, реакция которой определяется только его окружением и генетически запрограммированными правилами для этого вида муравьев.



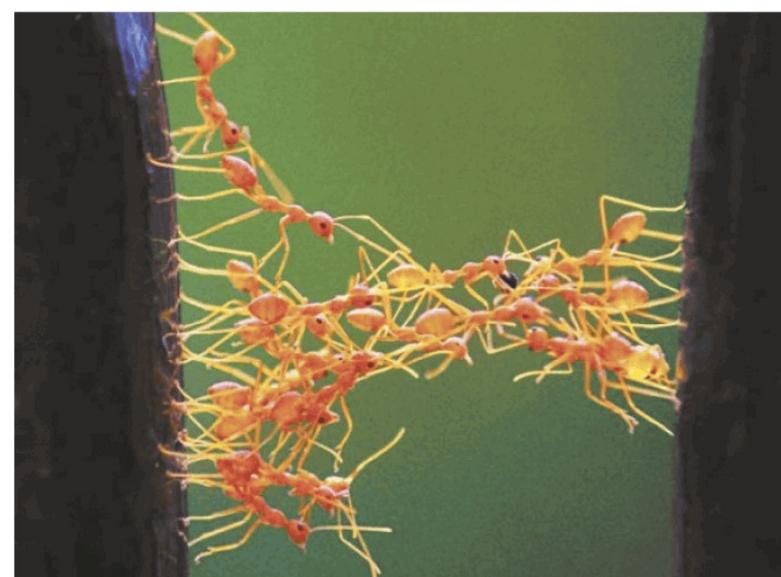
Каждый муравей-листорез действует локально, не зная общей картины, однако на уровне колонии возникает сложное и адаптивное сельскохозяйственное сообщество.

Несмотря на отсутствие центра принятия решений, колонии муравьев-листорезов демонстрируют чрезвычайно сложное поведение. (Кроме сельскохозяйственной деятельности, они способны находить максимальное расстояние от всех входов в колонию, чтобы избавляться от мертвых тел, а это сложная геометрическая задача.)

Из наблюдения за колонией муравьев можно сделать важный вывод: сложное поведение целого не является следствием сложности отдельных организмов. Каждый муравей не знает, что является элементом процветающей цивилизации: он просто выполняет свою маленькую простую программу.

При объединении достаточного количества муравьев возникает сверхорганизм с гораздо более сложными коллективными свойствами, чем у его составляющих. Это явление, когда взаимодействие простых элементов приводит к появлению чего-то более сложного, называется эмергенцией.

Основа сверхорганизма муравьев – взаимодействие *между* особями. То же самое происходит в мозгу. Нейрон – просто специализированная клетка, подобная другим клеткам организма, но ее специализация позволяет ей инициализировать процессы и распространять электрические сигналы. Как и муравей, отдельная клетка мозга всю жизнь выполняет свою локальную программу, передавая электрические импульсы через мембрану, при необходимости вырабатывая нейротрансмиттеры, а также реагируя на нейротрансмиттеры других клеток. Вот и все. Нейрон живет в темноте. Каждый нейрон на протяжении всей жизни включен в сеть из других клеток, просто реагирующих на сигналы. Он не знает, что участвует в управлении вашими глазами, когда вы читаете Шекспира, или пальцами, играющими Бетховена. Он не знает о вас. Ваши цели, стремления и возможности полностью зависят от существования этих маленьких нейронов, однако сами они живут своей жизнью, не осознавая того, что создают все вместе.



Муравьи и нейроны всю жизнь подчиняются локальным правилам. Не обладающие сознанием муравьи образуют колонии со сложным поведением, а нейроны – нас.

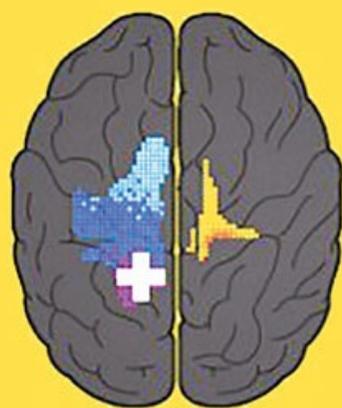
Но если собрать достаточное количество этих клеток мозга, должным образом взаимодействующих друг с другом, возникнет разум.

Системы с эмергентными свойствами можно увидеть повсюду. Ни одна металлическая деталь самолета не может летать, но, когда вы должным образом соединяете эти детали, самолет поднимается в воздух. Каждый из элементов системы может быть очень простым. Смысл заключен в их взаимодействии. И во многих случаях компоненты являются заменяемыми.

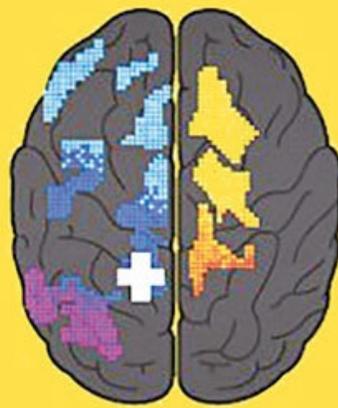
Что требуется для сознания?

По всей вероятности, разум возникает в результате взаимодействия миллиардов элементов, из которых состоит мозг, хотя ученые пока еще не могут объяснить, как именно это происходит. Данная теория неизбежно приводит к фундаментальному вопросу: может ли разум возникнуть на основе взаимодействующих элементов любого рода? Например, может ли обладать сознанием город? Ведь город построен на взаимодействии элементов. Представьте, какое количество сигналов распространяется по городу: по телефонным проводам, волоконно-оптическим линиям, через канализационные трубы, удаляющие отходы, через каждое рукопожатие между людьми, каждый светофор и т. д. Масштаб взаимодействий в городе сравним с масштабом взаимодействий в мозгу человека. Разумеется, нам трудно оценить, обладает ли город сознанием. Как он нам об этом скажет? И как задать ему вопрос?

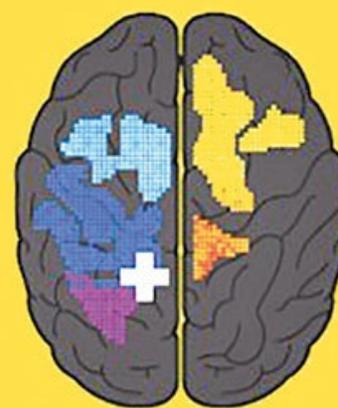
Чтобы это выяснить, необходимо ответить на более глубокий вопрос: достаточно ли просто большого количества элементов, чтобы сеть элементов обладала сознанием, или требуется определенная структура взаимодействий?



Первый импульс, в день, когда пациент начал выходить из комы, вызвал локализованный рисунок, который быстро угас.



Второй импульс, 11 дней спустя, вызвал более широкий и сохранявшийся дольше рисунок возбуждения.



Третий, и последний, импульс, после того как пациент полностью пришел в сознание, вызвал самый сложный и долговременный рисунок.

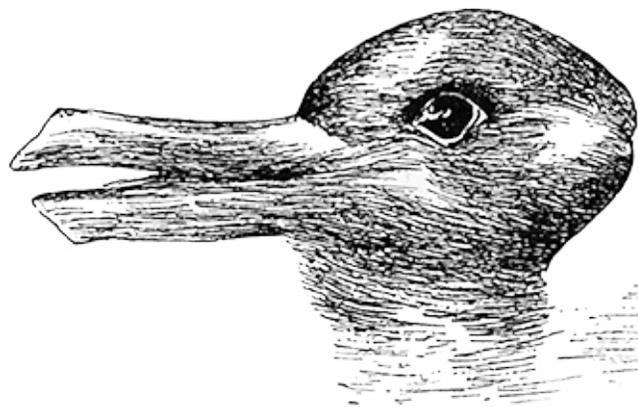
Высшая степень сознания коррелируется с более широким распространением возбуждения.

Профессор Джулио Тонони из Висконсинского университета пытается найти ответ на этот вопрос. Он предложил количественное определение сознания. По его мнению, недостаточно просто иметь взаимодействующие части. Взаимодействие должно быть определенным образом организовано.

Для исследования сознания в лаборатории Тонони использует транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС), сравнивая активность мозга в состоянии бодрствования и в состоянии глубокого сна (когда, как мы видели в главе 1, сознание исчезает). Вызывая импульсы электрического тока в коре мозга, он затем следит за распространением активности.

У бодрствующего, находящегося в полном сознании пациента от фокуса воздействия импульса ТМС расходуется сложный рисунок возбуждения нейронов. Продолжительные всплески возбуждения распространяются на разные зоны коры, свидетельствуя о широте связей в нейронной сети. Когда же испытуемый находится в состоянии глубокого сна, такой же импульс ТМС стимулирует лишь ограниченную область, и возбуждение быстро затухает. Во сне сеть утрачивает большую часть своей связности. Аналогичная картина наблюдается у человека, впавшего в кому: возбуждение почти сразу затухает, но, как только человек приходит в себя, возбуждение распространяется гораздо шире.

Тонони убежден, что, когда мы бодрствуем и находимся в сознании, между различными зонами коры существует разветвленная связь; и наоборот, бессознательное состояние сна характеризуется отсутствием связи между зонами. Он утверждает, что обладающая сознанием система требует тонкого баланса между достаточной сложностью, чтобы отражать самые разные состояния (это называется дифференциацией), и достаточной связностью, чтобы удаленные части сети были тесно связаны друг с другом (так называемая интеграция). В его теории соотношение между дифференциацией и интеграцией выражается количественно, и он предполагает, что сознанием могут обладать лишь системы, у которых это соотношение попадает в определенный диапазон.



Сознание и нейробиология

Попробуем обратиться к личному, субъективному восприятию: спектаклю, который разыгрывается в голове лишь одного человека. Например, когда я надкусываю персик, любясь закатом солнца, вы не можете в точности знать мои ощущения, а только догадываться о них, основываясь на собственном опыте. Мое сознательное восприятие

принадлежит только мне, а ваше – вам. Как же можно изучать его с помощью научного метода?

В последние десятилетия ученые предпринимали попытки выявить «нейронные корреляты» сознания, то есть точные рисунки активности мозга, которые характерны для определенного восприятия, и только для него.

Рассмотрим двусмысленный рисунок утки/кролика. Как и в случае изображения молодой женщины или старухи в главе 4, вы в каждый конкретный момент можете воспринимать только одно изображение, но не оба сразу. Какова же сигнатура активности мозга, когда вы видите кролика? Что меняется в вашем мозгу, когда кролик становится уткой? Рисунок на странице остается неизменным, и поэтому изменения затрагивают только активность вашего мозга, ваше сознательное восприятие.

Если теория Тонони окажется верной, она даст неинвазивный доступ к уровню сознания пациентов, находящихся в коме. Кроме того, у нас появятся средства, позволяющие выяснить, наделена ли сознанием неживая система. Можно будет получить ответ на вопрос, обладает ли сознанием город: ответ будет зависеть от того, как организован поток информации, то есть выдерживается ли необходимое соотношение между дифференциацией и интеграцией.

Теория Тонони совместима с идеей, что человеческое сознание может оторваться от своих биологических корней. На его взгляд, хотя сознание преодолело долгий эволюционный путь, результатом которого стал мозг человека, оно не обязательно должно иметь биологическую основу. Сознание точно так же может существовать на основе кремния, если взаимодействие между элементами организовано должным образом.

Загрузка сознания

Если главной составляющей разума является программа, а не детали конструкции, то теоретически возможно отделить сознание от материальной основы тела. Имея достаточно мощный компьютер, чтобы симулировать взаимодействие элементов в нашем мозгу, мы можем загрузить себя в него. И тогда мы будем существовать в цифровой форме, выполняя себя как симуляцию, – освободимся от биологической основы, в которой мы появились, и превратимся в небιологических существ. Это был бы самый большой скачок в истории человечества, переход к эре трансгуманизма.

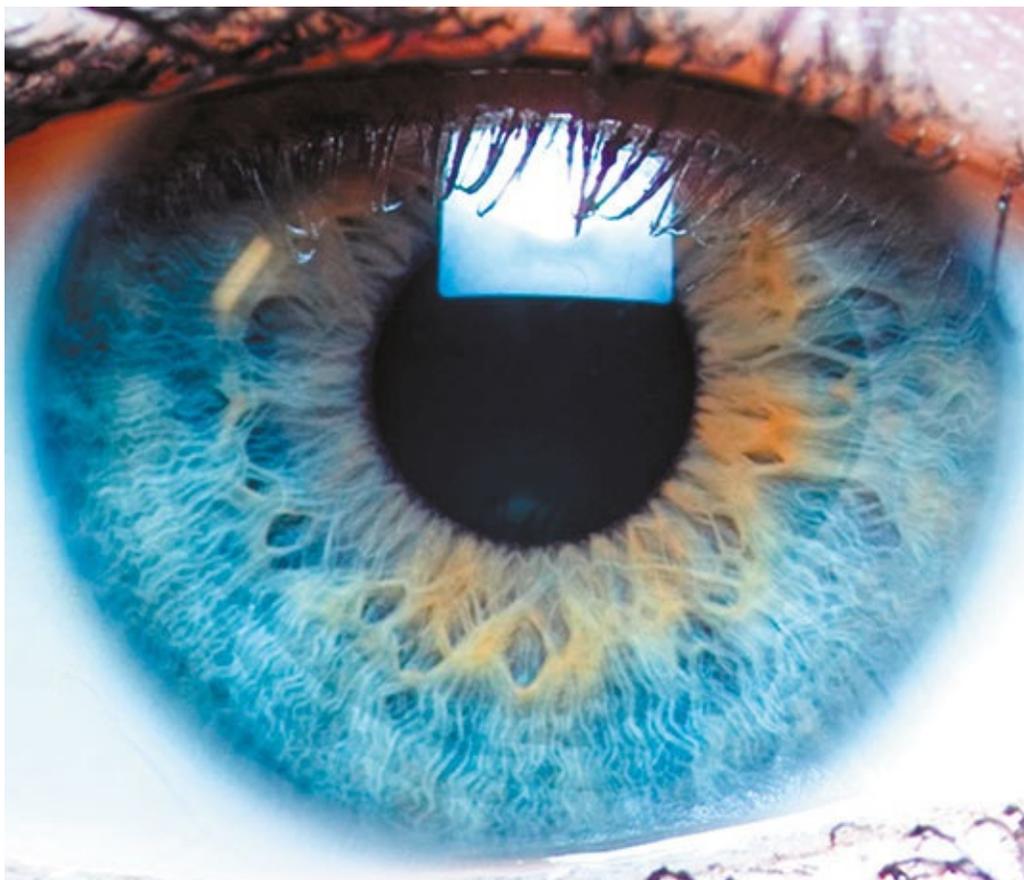
Представьте, что у вас есть возможность покинуть свое тело и жить в мире симуляций. Ваше цифровое существование может быть любым – каким пожелаете. Программисты создадут для вас любой виртуальный мир – в нем вы сможете летать или жить под водой, почувствовать ветер другой планеты. Виртуальный мозг будет работать медленно или быстро, по вашему желанию, так что ваш разум сможет охватить громадные промежутки времени или растянуть секунды компьютерного времени в миллиарды лет существования.

Техническая трудность успешной загрузки мозга заключается в том, что симуляция должна обладать способностью самомодификации. Нам понадобятся не только элементы, но и физика их непрерывного взаимодействия, например активность транскрипционных факторов, которые проникают в ядра клеток и вызывают экспрессию генов, динамические изменения в положении и силе синапсов и т. д. Если симулированное восприятие не будет изменять структуру симулированного мозга, вы не сможете формировать новые воспоминания и утратите понятие о времени. Будет ли тогда смысл в бессмертии?

Если загрузка сознания окажется возможной, это откроет путь к исследованию других звездных систем. В нашей Вселенной насчитывается не меньше ста миллиардов галактик, каждая из которых состоит из сотен миллиардов звезд. Мы уже обнаружили тысячи экзопланет у этих звезд, причем некоторые из них очень похожи на Землю. Трудность заключается в том, что наши тела из плоти и крови не способны преодолевать пространство и время таких масштабов. Но, если остановить симуляцию, отправить ее в космос, а затем перезагрузить через тысячу лет, когда она прибудет на далекую планету, сознание будет считать, что вы были на Земле, пообедали, а затем мгновенно перенеслись на огромное расстояние. Загрузка сознания позволит осуществить мечту физиков о «кротовой норе», с помощью которой можно быстро перемещаться из одной части Вселенной в другую.

Что, если мы уже живем в симуляции?

Не исключено, что для своей симуляции вы предпочтете нечто очень похожее на вашу нынешнюю жизнь на Земле, и эта простая мысль заставила некоторых философов задуматься: а если мы уже живем в симуляции? Это кажется фантастикой, однако нам уже известно, что реальность существует только в нашей голове. Каждую ночь мы засыпаем и видим странные сны – и верим, что все это происходит на самом деле.



Загрузка сознания: это по-прежнему вы?

Если наше сознание определяется биологическими алгоритмами, а не физической основой, то вполне вероятно, что мы когда-нибудь сможем скопировать свой мозг, загрузить его в компьютер и вечно жить в кремнии. Но тут возникает важный вопрос: это действительно будете вы? Не совсем. Загруженная в компьютер копия сохранила все ваши воспоминания и убеждена, что она – это вы, стоящий у компьютера, в собственном теле. Но вот что странно: если вы умрете, а симуляция включится через секунду, это будет настоящая телепортация, как в фильме «Звездный путь», когда человек распадается на атомы, а через секунду реконструируется в новой версии. Загрузка сознания будет не слишком отличаться от того, что происходит с вами каждую ночь, когда вы ложитесь спать: вы переживаете кратковременную смерть сознания, а человек, следующим утром просыпающийся на вашей подушке, сохраняет все ваши воспоминания и верит, что он – это вы.



«Однажды я, Чжуан Чжоу, увидел себя во сне бабочкой – счастливой бабочкой, которая порхала среди цветков в свое удовольствие и вовсе не знала, что она – Чжуан Чжоу. Внезапно я проснулся и увидел, что я – Чжуан Чжоу. И я не знал, то ли я Чжуан Чжоу, которому приснилось, что он – бабочка, то ли бабочка, которой приснилось, что она – Чжуан Чжоу».

Вопрос о природе реальности не нов. Две тысячи триста лет назад китайскому философу Чжуан Чжоу приснилось, что он бабочка. Проснувшись, он задумался: как узнать, то ли Чжуан Чжоу снилась бабочка, то ли теперь бабочке снится, что она человек по имени Чжуан Чжоу?

Французский философ Рене Декарт пытался ответить на другой вариант этого вопроса. Он задумался, отражает ли наше восприятие реальность. Чтобы прояснить это, он предложил мысленный эксперимент: откуда мне знать, что я не мозг в колбе? Может, кто-то стимулирует этот мозг таким образом, чтобы я верил, что нахожусь здесь, стою на земле, вижу этих людей и слышу эти звуки. Декарт пришел к выводу, что узнать это невозможно. Однако он понял кое-что еще: в центре всего нахожусь я, который пытается все это выяснить. Даже если я мозг в колбе, именно я пытаюсь найти ответ на вопрос. Я мыслю и, следовательно, существую.

В будущее

В ближайшие годы мы узнаем о человеческом мозге больше, чем могут описать сегодняшние теории и гипотезы. А пока мы окружены тайнами: о многих мы уже знаем, а о многих даже не догадываемся. Перед нами раскинулась неизвестная страна. Для любой науки очень важно проводить эксперименты и осмысливать их результаты. Природа укажет нам, какие подходы ведут в тупик, а какие помогут продвинуться по пути познания нашего разума.

Ясно одно: наш биологический вид стоит на пороге чего-то нового, и мы до конца не осознаем, что это. Нам выпало жить в беспрецедентный момент человеческой истории, когда наука о мозге соединяется с технологией. То, что случится на этом перекрестке, должно изменить нас.

На протяжении многих тысяч поколений жизненный цикл человека не менялся: мы рождались, управляли своим хрупким телом, наслаждались узким спектром сенсорной реальности, а затем умирали.

Наука может дать нам инструменты для выхода за пределы этой эволюционной истории. Теперь, когда у нас появилась возможность понять, как мы устроены, наш мозг не обязан оставаться таким, каким мы его получили от предков. Мы можем обитать в другой сенсорной реальности, иметь другие тела. Не исключено, что в конечном итоге нам удастся окончательно избавиться от своего физического облика.

Именно сегодня человечество открывает средства для изменения своей судьбы.

Какими мы станем, зависит от нас.

Благодарности

Если магия мозга рождается из взаимодействия многих элементов, то книга и телесериал «Мозг» возникли благодаря сотрудничеству многих людей.

Опорой проекта была Дженнифер Бимиш, которая, не ведая усталости, управляла коллективом из очень разных людей, одновременно держа в голове расширяющееся содержание телевизионных серий. Бимиш была незаменима; без нее проект просто не состоялся бы. Второй опорой проекта был Джастин Кершоу. Квалификация и смелость, с которыми Джастин планирует крупные проекты, руководит компанией Blink Films и управляет десятками людей, всегда служили для меня источником вдохновения. Снимая телевизионные серии, мы получили удовольствие от работы с командой невероятно талантливых режиссеров: Тоби Трекменом, Ником Стейси, Джулианом Джонсом, Кэт Гейл и Джоанной Гиббон. Я не переставал удивляться, насколько внимательными они были к смене эмоций, цвета, освещения, обстановки и тона. Все вместе мы с удовольствием работали со знатоками визуального мира, операторами-постановщиками Дуэйном Макклюном, Энди Джексонном и Марком Шварцбардом. Идеи для новых серий ежедневно поставлялись изобретательными и энергичными ассистентами продюсера Элис Смит, Крисом Бэроном и Эммой Паунд.

Я с радостью работал над этой книгой вместе с Кэти Фоллэн и Джейми Бингом из Canongate Books, одним из самых смелых и прозорливых издательств в мире. Честью и удовольствием стало для меня сотрудничество с моим американским редактором Дэном Франком из Pantheon Books; он выступал в качестве друга и советчика.

Я бесконечно благодарен моим родителям, которые служили мне источником вдохновения: мой отец – психиатр, а мать – учитель биологии, и они оба любят учить и учиться. Они всегда поддерживали мой интерес к исследованиям и популяризации науки, радовались моим успехам. Когда я был ребенком, телевизор в доме почти не включали, но родители следили за тем, чтобы я смотрел сериал «Космос» Карла Сагана; эти вечера произвели на меня глубокое впечатление.

Благодарю замечательных и трудолюбивых студентов и аспирантов моей нейробиологической лаборатории, которые приспосабливались к беспорядочному графику работы, пока я снимал фильм и писал книгу.

И последнее, но самое главное. Я благодарю свою прекрасную жену Сару за то, что она поддерживала меня, подбадривала, переживала вместе со мной все взлеты и падения в процессе работы над проектом. Мне повезло, что она, как и я, считает эту работу очень важной.

Библиография

- Ahn W.-Y., Kishida K. T., Gu X., Lohrenz T., Harvey A., Alford J. R. & Dayan P. Nonpolitical images evoke neural predictors of political ideology // *Current Biology*, 2014
- Azevedo F. A.C., Carvalho L. R.B, Grinberg L. T., Farfel J. M., Ferretti R. E. L., Leite R. E. P. & Herculano-Houzel S. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain // *The Journal of Comparative Neurology*, 2009
- Bach-y-Rita P., Collins C., Saunders F., White B. & Scadden L. Vision substitution by tactile image projection // *Nature*, 1969
- Bangert M. & Schlaug G. Specialization of the specialized in features of external human brain morphology // *The European Journal of Neuroscience*, 2006
- Baron-Cohen S., Wheelwright S., Hill J., Raste Y. & Plumb I. The 'Reading the Mind in the Eyes' test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2001
- Baumeister R. F. & Tierney J. Willpower: Rediscovering the Greatest Human Strength. Penguin, 2011
- Bennett, D.A. et al. Overview and findings from the religious orders study // *Current Alzheimer Research*, 2012
- Bianconi E., Piovesan A., Facchin F., Beraudi A., Casadei R., Frabetti F. & Canaider S. An estimation of the number of cells in the human body // *Annals of Human Biology*, 2013
- Bjork J. M., Knutson B., Fong G. W., Caggiano D. M., Bennett S. M. & Hommer D. W. Incentive-elicited brain activation in adolescents: similarities and differences from young adults // *The Journal of Neuroscience*, 2004
- Bloom P. Just Babies: The Origins of Good and Evil. Crown, 2013
- Brewer A. A., Barton B. & Lin L. Functional plasticity in human parietal visual field map clusters: adapting to reversed visual input // *Journal of Vision*, 2012
- Chan A. S., Ho Y. C. & Cheung M. C. Music training improves verbal memory // *Nature*, 1998
- Chorost M. Rebuilt: How Becoming Part Computer Made Me More Human. Houghton Mifflin Harcourt, 2005
- Corkin S. Permanent Present Tense: The Unforgettable Life Of The Amnesic Patient. Basic Books, 2013
- Crick F. & Koch C. A framework for consciousness // *Nature Neuroscience*, 2003
- Cytowic R. & Eagleman D. M. Wednesday is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia. Cambridge, MA: MIT Press, 2009
- Damasio A. Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain. Random House, 2008
- Danilov Y. & Tyler M. Brainport: an alternative input to the brain // *Journal of Integrative Neuroscience*, 2005
- Danziger S., Levav J. & Avnaim-Pesso L. Extraneous factors in judicial decisions // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011
- Descartes R. Meditations on First Philosophy (Michael Moriarty translation of 1641 ed.). Oxford University Press, 2008

- Dixon M. L. Uncovering the neural basis of resisting immediate gratification while pursuing long-term goals // *The Journal of Neuroscience*, 2010
- Eagleman D. M. & Isgur S. Defining a neurocompatibility index for systems of law // *Law of the Future*, 2012
- Eagleman D. M. Visual illusions and neurobiology // *Nature Reviews Neuroscience*, 2001
- Idem. Human time perception and its illusions // *Current Opinion in Neurobiology*, 2008
- Idem. Incognito: The Secret Lives of the Brain. Pantheon, 2011
- Idem. Live Wired: How the Brain Rewires Itself on the Fly. Canongate.
- Idem. "Can we create new senses for humans?" // TED conference. March 17th 2015 [Video file]: http://www.ted.com/talks/david_eagleman_can_we_create_new_senses_for_humans?
- Eagleman D. M., Kagan A. D., Nelson S. N., Sagaram D. & Sarma A. K. A standardized test battery for the study of Synesthesia // *Journal of Neuroscience Methods*, 2007
- Eagleman D. M., Person C. & Montague P. R. A computational role for dopamine delivery in human decision-making // *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998
- Eisenberger N. I. & Lieberman M. D. Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain // *Trends in Cognitive Sciences*, 2004
- Eisenberger N. I., Lieberman M. D. & Williams, K. D. Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion // *Science*, 2003
- Falk D. New information about Albert Einstein's Brain // *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 2009
- Foot P. The problem of abortion and the doctrine of the double effect (1967) // Reprinted in *Virtues and Vices and Other Essays in Moral Philosophy*. Blackwell, 1978
- Goldman A. I. & Sripada C. S. Simulationist models of face-based emotion recognition // *Cognition*, 2005
- Greene J. D., Sommerville R. B., Nystrom L. E., Darley J. M. & Cohen J. D. An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment // *Science*, 2001
- Gregory Richard. The Intelligent Eye. London: Weidenfeld & Nicolson, 1970
- Hamlin J. K. & Wynn K. Young infants prefer prosocial to antisocial others // *Cognitive Development*, 2011
- Hamlin J. K., Wynn K. & Bloom P. Social evaluation by preverbal infants // *Nature*, 2007
- Hamlin J. K., Wynn K., Bloom. P. & Mahajan N. How infants and toddlers react to antisocial others // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011
- Harris L. T. & Fiske S. T. Social groups that elicit disgust are differentially processed in the mPFC // *Social Cognitive Affective Neuroscience*, 2007
- Idem. Perceiving humanity / In A. Todorov, S. Fiske, & D. Prentice (Eds.) // *Social Neuroscience: Towards Understanding the Underpinnings of the Social Mind*, Oxford Press, 2011
- Heatherston T. F. Neuroscience of self and self-regulation // *Annual Review of Psychology*, 2011
- Heider F. & Simmel M. An experimental study of apparent behavior // *The American Journal of Psychology*, 1944
- Held R. & Hein A. Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior // *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1963

Hess E. H. The role of pupil size in communication // *Scientific American*, 1975

Hölldobler B. & Wilson E. O. *The Leafcutter Ants: Civilization by Instinct*. WW Norton & Company, 2010

Jakobson L. S., Lewycky S. T., Kilgour A. R. & Stoesz B. M. Memory for verbal and visual material in highly trained musicians // *Music Perception*, 2008

Kable J. W. & Glimcher P. W. The neural correlates of subjective value during intertemporal choice // *Nature Neuroscience*, 2007

Kasthuri N. et al. Saturated reconstruction of a volume of neocortex // *Cell*, 2015

Katsikis G., Cybulski J. S. & Prakash M. Synchronous universal droplet logic and control // *Nature Physics*, 2015

Keane B. P., Silverstein S. M., Wang Y. & Papathomas T. V. Reduced depth inversion illusions in schizophrenia are state-specific and occur for multiple object types and viewing conditions // *J AbnormPsychol*, 2013

Koch C. *The Quest for Consciousness*. New York, 2004

Koenigs M. The role of prefrontal cortex in psychopathy // *Reviews in the Neurosciences*, 2012

Kotler S. *The Rise of Superman: Decoding the Science of Ultimate Human Performance*. Houghton Mifflin Harcourt, 2014

Króliczak G., Heard P., Goodale M. A. & Gregory R. L. Dissociation of perception and action unmasked by the hollow-face illusion // *Brain Res*, 2006

Leibniz G. W. *The Monadology*. Springer, 1989

Levitt S. D. Understanding why crime fell in the 1990s: four factors that explain the decline and six that do not // *Journal of Economic Perspectives*, 2004

Lobel T. *Sensation: The New Science of Physical Intelligence*. Simon & Schuster, 2014

Maguire E. A., Gadian D. G., Johnsrude I. S., Good C. D., Ashburner J., Frackowiak R. S. & Frith C. D. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2000

McClure S.M., Laibson D. I., Loewenstein G. & Cohen J. D. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards // *Science*, 2004

Montague R. *Your Brain is (Almost) Perfect: How We Make Decisions*. Plume, 2007

Muraven M., Tice D. M. & Baumeister R. F. Self-control as a limited resource: regulatory depletion patterns // *Journal of Personality and Social Psychology*, 1998

Neal D. T. & Chartrand T. L. Embodied emotion perception amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception accuracy // *Social Psychological and Personality Science*, 2011

Nelson C. A. A neurobiological perspective on early human deprivation // *Child Development Perspectives*, 2007

Niedenthal P. M., Mermillod M., Maringer M. & Hess U. The simulation of smiles (SIMS) model: embodied simulation and the meaning of facial expression // *The Behavioral and Brain Sciences*, 2010

Novich S. D. & Eagleman D. M. Using space and time to encode vibrotactile information: toward an estimate of the skin's achievable throughput // *Experimental Brain Research*, 2015

- Parsons B., Novich S. D. & Eagleman D. M. Motor-sensory recalibration modulates perceived simultaneity of cross-modal events // *Frontiers in Psychology*, 2013
- Pelham B. W., Mirenberg M. C. & Jones J. T. Why Susie sells seashells by the seashore: implicit egotism and major life decisions // *Journal of Personality and Social Psychology*, 2002
- Pesta A. 'Like an Animal': Freed U. S. Hiker Recalls 410 Days in Iran Prison. NBC News, 2014
- Plitt M., Savjani R. R. & Eagleman D. M. Are corporations people too? The neural correlates of moral judgments about companies and individuals // *Social Neuroscience*, 2015
- Rangel A., Camerer C. & Montague P. R. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making // *Nature Reviews Neuroscience*, 2008
- Schacter D. L., Addis D. R. & Buckner R. L. Remembering the past to imagine the future: the prospective brain // *Nature Reviews Neuroscience*, 2007
- Scheele D., Wille A., Kendrick K. M., Stoffel-Wagner B., Becker B., Güntürkün O. & Hurlemann R. Oxytocin enhances brain reward system responses in men viewing the face of their female partner // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013
- Schultz W., Dayan P. & Montague P. R. A neural substrate of prediction and reward // *Science*, 1997
- Searle J. R. Minds, brains, and programs // *Behavioral and Brain Sciences*, 1980
- Seung S. Connectome: How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are. Houghton Mifflin Harcourt, 2012
- Singer T., Seymour B., O'Doherty J., Stephan K., Dolan R. & Frith C. Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others // *Nature*, 2006
- Empathic for pain involves the affective but not sensory components of pain // *Science*, 2004
- Somerville L. H., Jones R. M., Ruberry E. J., Dyke J. P., Glover G. & Casey B. J. The medial prefrontal cortex and the emergence of self-conscious emotion in adolescence // *Psychological Science*, 2013
- Spear L. P. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2000
- Stetson C., Cui X., Montague P. R. & Eagleman D. M. Motor-sensory recalibration leads to an illusory reversal of action and sensation // *Neuron*, 2006
- Stetson C., Fiesta M. & Eagleman D. M. Does time really slow down during a frightening event? // *PloS One*, 2007
- Tomson S. N., Narayan M., Allen G. I. & Eagleman D. M. Neural networks of colored sequence synesthesia // *Journal of Neuroscience*, 2013
- Tononi G. Phi: A Voyage from the Brain to the Soul. Pantheon Books, 2012
- Vaughn D. A., Eagleman D. M. Religious labels modulate empathetic response to another's pain // *Society for Neuroscience abstract*, 2010
- Williams L. E. & Bargh J. A. Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth // *Science*, 2008
- Wilson R. S. et al. Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease // *Jama*, 2002
- Witthoft N., Winawer J., Eagleman D. M. Prevalence of learned grapheme-color pairings in a large online sample of synesthetes // *PLoS ONE*, 2015

Zaghloul K. A., Blanco J. A., Weidemann C. T., McGill K., Jaggi J. L., Baltuch G. H. & Kahana M. J. Human substantia nigra neurons encode unexpected financial rewards // *Science*, 2009

Zajonc R. B., Adelman P. K., Murphy S. T. & Niedenthal P. M. Convergence in the physical appearance of spouses // *Motivation and Emotion*, 1987

Zak P. J. *The Moral Molecule: The Source of Love and Prosperity*. Random House, 2012

Глоссарий

Аксон Анатомический отросток нейрона, способный передавать электрические сигналы от тела клетки.

Болезнь Паркинсона Прогрессирующее заболевание, характеризующееся нарушением движений и дрожанием, причиной которых служит дегенерация вырабатывающих дофамин клеток в отделе среднего мозга под названием «черное вещество».

Вентральная область покрышки Структура, состоящая в основном из дофаминовых нейронов и расположенная в среднем мозге. Эта область играет важную роль в системе вознаграждения.

Вычислительная гипотеза работы мозга Теория, предполагающая, что взаимодействия внутри мозга представляют собой вычисления и что эти же вычисления, выполненные на другой физической основе, приведут к появлению разума.

Глиальные клетки Специализированные клетки мозга, которые защищают нейроны, доставляя им питательные вещества и кислород, удаляя отходы и в целом поддерживая их.

Головной мозг Область мозга человека, включающая большую, складчатую внешнюю кору, гиппокамп, базальные ядра и обонятельную луковицу. Развитие этой области у высших млекопитающих обуславливает их когнитивные способности и сложное поведение.

Дендриты Анатомические отростки нейронов, которые передают в тело клетки входные сигналы, инициируемые нейротрансмиттерами, выделенными другими нейронами.

Дофамин Нейротрансмиттер мозга, связанный с регуляцией моторики, привыканием и вознаграждением.

Кожно-гальваническая реакция Метод выявления изменений в вегетативной нервной системе, которые наблюдаются, когда человек сталкивается с чем-то новым, неприятным или сильно волнует, даже если он сам этого не осознает. На практике к кончику пальца подключается датчик, который определяет электрическую проводимость кожи, изменяющуюся в зависимости от активности потовых желез.

Коннектом Трехмерная карта связей всех нейронов мозга.

Контракт Одиссея Нерасторжимый договор, используемый для того, чтобы привязать себя к будущей цели, когда человек понимает, что в нужный момент не сможет сделать рациональный выбор.

Мозжечок Небольшая структура, расположенная под корой головного мозга в задней части головы. Эта область мозга важна для управления движениями, равновесием, осанкой; возможно, выполняет некоторые когнитивные функции.

Мозолистое тело Жгут нервных волокон, расположенный в продольной складке между двумя полушариями и обеспечивающий связь между ними.

Невральный Относящийся к нервной системе или нейронам.

Нейрон Специализированная клетка, присутствующая как в центральной, так и в периферийной нервной системе, включая головной и спинной мозг, а также сенсорные клетки, которые сообщаются с другими клетками с помощью электрохимических сигналов.

Нейротрансмиттер Химическое соединение, передающееся от одного нейрона к другому, обычно через синапс. Нейротрансмиттеры присутствуют в центральной и в периферийной нервной системе, включая головной и спинной мозг, а также сенсорные нейроны по всему телу. Нейроны могут вырабатывать несколько нейротрансмиттеров.

Операция по разделению мозга Также называется каллозотомией. Мозолистое тело рассекается, чтобы избавить пациента от эпилепсии, которая не поддается лечению другими методами. Эта операция нарушает связь между двумя полушариями головного мозга.

Пластичность Способность мозга адаптироваться, создавая новые или модифицируя старые связи между нейронами. Пластичность мозга очень важна при травме, так как способствует компенсации повреждений.

Потенциал действия Короткое (длительностью в одну миллисекунду) событие, когда электрическое напряжение в нейроне достигает порога, вызывая распространение цепной реакции обмена ионами через мембрану клетки. В конечном итоге этот процесс приводит к выделению нейротрансмиттера через терминалы, или шипики, аксонов.

Сенсорное замещение Способ компенсации дефектного органа чувств, при котором сенсорная информация подается в мозг по необычным сенсорным каналам. Например, зрительная информация преобразуется в электрические импульсы на языке, или звуковая информация преобразуется в рисунок вибраций на теле, что позволяет человеку видеть или слышать.

Сенсорное преобразование Сигналы из окружающей среды, такие как фотоны (зрение), волны сжатия (слух) или молекулы запаха (обоняние), преобразуются специализированными клетками в потенциалы действия. Это первый этап передачи информации из внешнего мира в мозг.

Синапс Пространство (в большинстве случаев) между аксоном одного нейрона и дендритом другого нейрона, где происходит коммуникация между нейронами при помощи нейротрансмиттеров. Существуют также синапсы между двумя аксонами и двумя дендритами.

Синдром чужой руки Нарушение, возникающее после применения такого метода лечения эпилепсии, как каллозотомия, когда рассекается мозолистое тело и разделяются два полушария мозга. При этом нарушении наблюдаются непроизвольные и зачастую сложные движения рук, которые пациент не в состоянии сознательно контролировать.

Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) Неинвазивный метод, используемый для стимуляции или торможения активности мозга с помощью магнитного импульса, который индуцирует слабый электрический ток в близлежащей невральной ткани. Этот метод обычно используют для изучения влияния различных зон в сетях нейронов.

Функциональная магниторезонансная томография Метод нейровизуализации, выявляющий активность мозга с секундным разрешением, посредством измерения кровотока в мозгу, с миллиметровым разрешением.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) Метод измерения электрической активности мозга с миллисекундным разрешением, посредством электродов, которые накладываются на кожу головы. Каждый электрод суммирует сигналы от нескольких миллионов нейронов под ним. Этот метод применяется для регистрации быстрых изменений активности коры мозга.

Иллюстрации

Если не указано иначе, все иллюстрации в этой книге взяты из телесериала PBS «Мозг» с доктором Дэвидом Иглменом» (Blink Films, 2015). Печатается с разрешения. Все права защищены.

- © Dragonfly Media Group
- © Ciléin Kearns
- © David Eagleman
- © GlobalP; (ребенок) © LenaSkor
- © Corel, J.L.
- © Michael Carroll
- © Dean Falk
- © Shel Hershorn/Contributor/Getty Images
- © Akiyoshi Kitaoka
- © Edward Adelson, 1995
- © Sergey Nivens/Shutterstock
- © Science Museum/Science & Society Picture Library
- © Springer
- © Arto Saari
- © Steven Kotler
- © annedde/iStock; (ЭЭГ) © Otoomuch
- © Fedorov Oleksiy/Shutterstock
- © focalpoint/CanStockPhoto
- © Chris Hondros/Contributor/Getty Images
- © Eckhard Hess
- © Frank Lennon/Contributor/Getty Images
- © rolffimages/CanStockPhoto
- © Fritz Heider and Marianne Simmel, 1944
- © zurijeta/CanStockPhoto
- © Simon Baron-Cohen et al.
- © Shon Meckfessel
- © Professor Kip Williams, Purdue University
- © 5W Infographics
- © Anonymous/AP Images
- © Eric Poutier
- © Bret Hartman/TED
- © cescassawin/CanStockPhoto
- © Ashwin Vishwanathan/Sebastian Seung
- © Ashwin Vishwanathan/Sebastian Seung
- © Gail Shumway/Contributor/Getty Images

© Ciju Cherian; (нейроны) © vitstudio/Shutterstock

© Giulio Tononi/Thomas Porostocky/Marcello Massimini